

Міністерство освіти і науки України
Одеська національна академія зв'язку ім. О.С. Попова
Кафедра електроживлення, електротехніки та митного контролю

**АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ
НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТА БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ**

**Автоматизовані системи моніторингу
надзвичайних ситуацій**

Частина 2

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

Одеса 2017

УДК 528.8+551.501.7
ББК 20.18

План НМВ 2017 р.

Рецензент: начальник Гідрометцентру Чорного та Азовського морів
Ситов В.М.

Корбан В.Х. Автоматизовані системи моніторингу надзвичайних ситуацій та безпека життєдіяльності: конспект лекцій. – Ч. 2 : Автоматизовані системи моніторингу надзвичайних ситуацій / В.Х. Корбан, Л.М. Дегтярьова. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2017. – 44 с.

У конспекті лекцій розглядаються питання організації спостережень за забрудненням атмосферного повітря за допомогою автоматизованих дистанційних систем моніторингу.

Ухвалено на засіданні кафедри електроживлення, електротехніки та митного контролю й рекомендовано до друку. Протокол № 6 від 19.01.2017 р.

Затверджено методичною радою академії зв'язку. Протокол № 5 від 28.02. 2017 р.

© Корбан В.Х., Дегтярьова Л.М.,
2017

© Одеська національна академія
зв'язку ім. О.С. Попова, 2017

ЗМІСТ

Передмова	4
1. ОРГАНІЗАЦІЯ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА ЗАБРУДНЕННЯМ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ	6
1.1. Загальний підхід до організації спостережень	6
1.2. Основні методи аналізу речовин, які забруднюють атмосферу	8
1.3. Приладне забезпечення спостережень	16
2. ДИСТАНЦІЙНІ Й АВТОМАТИЧНІ МЕТЕОРОЛОГІЧНІ УСТАНОВКИ	25
3. АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ	28
3.1. Автоматизовані системи моніторингу та прогнозування НС	31
Список використаної літератури	43

ПЕРЕДМОВА

Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій – це комплекс правових, соціально-економічних, політичних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та інших заходів, спрямованих на регулювання техногенної та природної безпеки, проведення оцінки рівнів ризику, завчасне реагування на загрозу виникнення надзвичайної ситуації на основі даних моніторингу, експертизи, досліджень та прогнозів щодо можливого перебігу подій з метою недопущення їх переростання у надзвичайну ситуацію або пом'якшення її можливих наслідків.

Виходячи з цього, завдання щодо моніторингу небезпечних техногенних і природних процесів, прогнозування ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій та оцінка їх розвитку виходять на перший план [1].

Забезпечення організації та здійснення запобіжних заходів повинно розглядатися комплексно, мати системний характер, багаторівневу побудову, централізовану координацію та керування.

На даний час моніторинг і прогнозування надзвичайних ситуацій в Україні здійснюються на рівні регіональних, галузевих або інших самостійних систем, не об'єднаних у єдиний інформаційно-аналітичний комплекс, наприклад: Державної системи моніторингу довкілля, автоматизованої системи контролю радіаційної обстановки, системи моніторингу епідеміологічної ситуації, системи моніторингу у галузі охорони атмосферного повітря, систем соціально-гігієнічного та сейсмічного моніторингу, дистанційного зондування Землі тощо, але недостатньо задіяні сучасні технології аерокосмічного моніторингу.

Аналіз світового досвіду розроблення систем моніторингу показав, що основними лідерами серед розвинених країн є США та ЄС, в яких проводиться моніторинг небезпечних явищ, процесів, факторів із обов'язковим розміщенням засобів контролю на космічних платформах та передаванням отриманої інформації на наземні центри моніторингу.

Україна має космічні носії, але не має власних штучних супутників Землі для розміщення засобів дистанційного зондування Землі. Тому для нас дуже важливим і перспективним є те, що на сучасному етапі існує низка міжнародних ініціатив, які спрямовані на використання даних дистанційного зондування Землі для попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій та екстреного реагування, до яких Україна вже розпочала долучатися. До них слід віднести міжнародну «систему систем спостереження Землі» GEOSS (Global Earth Observation System of Systems), Міжнародну хартію щодо космосу та великих катастроф, Партнерство з комплексної стратегії глобальних спостережень, Глобальний моніторинг в інтересах охорони навколишнього середовища та безпеки (GMES - Global Monitoring for Environmental Security), Програму попередження та зменшення наслідків стихійних лих Всесвітньої метеорологічної організації, Платформу ООН UN-SPI DER, Міжнародну ініціативу «Космос і великі катастрофи» (International Charter «Space and Major Disasters»).

Система моніторингу небезпечних техногенних і природних процесів, прогнозування ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій та оцінка їх розвитку – це сукупність органів виконавчої влади, підприємств, установ і організацій, що забезпечують здійснення моніторингу і прогнозування ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій.

1. ОРГАНІЗАЦІЯ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА ЗАБРУДНЕННЯМ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

1.1. Загальний підхід до організації спостережень

В умовах неухильного зростання антропогенних впливів на навколишнє середовище необхідно мати різноманітну і детальну інформацію про її фактичний стан. Така інформація дозволить не тільки оцінити ситуацію, що склалася, а й дати прогноз майбутнього стану середовища і, нарешті, визначити стратегію контролю в галузі охорони природи.

Оскільки компоненти середовища – атмосфера, гідросфера, літосфера, біосфера – тісно пов'язані між собою, то й інформація також повинна бути комплексною. Крім того, необхідно враховувати і наявні відмінності в рівнях впливу. Таким чином, при організації спостережень доцільно здійснювати системний підхід, який за останні роки отримав назву «всебічний аналіз навколишнього природного середовища» [2].

При системному підході допустиме припущення про квазіоднорідність забруднень у межах різних територіально-економічних районів.

Такі райони є складними системами, що характеризуються значною кількістю змінних параметрів, прямими і зворотними зв'язками між величинами, їх значною часовою мінливістю і т.д. Аналітично описати таку систему практично неможливо, проте підхід може бути реалізований, якщо використовувати метод математичного моделювання. Для побудови подібної моделі застосовується модульний принцип, за якого кожен модуль має самостійне значення.

З точки зору організації постійного спостереження за поширенням шкідливих домішок, тобто вивчення питань забруднення великих регіонів, доцільно розглянути модуль поширення забруднень. Частка забруднення, внесеного з однієї частини регіону в іншу, усереднена за деякий інтервал часу, може бути визначена за виразом

$$G_{ij} = \frac{\sum_l \sum_m P_{ijlm} c_{il}}{\sum_i \sum_l \sum_m P_{ijlm} c_{il} + \sum_l \sum_m P_{xjlm} c_{xl} + \sum_l c_{jl}}, \quad (1.1)$$

де P_{ijlm} – імовірність перенесення забруднення з середовища l i -ї частини регіону у середовище m j -ї частини регіону (за прийнятий часовий інтервал усереднення); P_{xjlm} – те саме, але ззовні регіону; c_{il} – середній рівень забруднення у середовищі l i -ї частини регіону; c_{xl} – середній рівень забруднення у середовищі l на межі регіону, що формується за рахунок надходжень ззовні регіону.

Якщо розрахунок перенесення здійснюється тільки для одного середовища, наприклад, для атмосфери, то вираз (1.1) істотно спрощується і набуває наступного вигляду:

$$G_{ij} = \frac{P_{ij} c_{il}}{\sum_m P_{ij} c_{il} + P_{xj} c_{xl} + c_{jl}} \quad (1.2)$$

Процес поширення домішок від миттєвих і безперервних джерел різної висоти на малі і великі відстані з різними швидкостями осідання може бути описаний співвідношенням

$$\sum_i P_{ij} g_i(t_k) e^{-\frac{t_{k+1}-t_k}{\tau}} + Q_j(t_k)(t_{k+1} - t_k) = q_i(t_{k+1}), \quad (1.3)$$

де $q_i(t_k)$ – інтегральна концентрація забруднення над областю i (проінтегрована за висотою); $q_i(t_k) = \int_0^{\infty} c_i(t_k, h)$, (c_i – об’ємна концентрація, h – висота); t_k, t_{k+1} – моменти часу; τ – час існування речовини в атмосфері (час релаксації); $Q_j(t_k)$ – інтенсивність джерел забруднення в області j в момент t_k .

У свою чергу, концентрація забруднюючих речовин в атмосфері, які змінюються в просторі і часі $I_{il}(R, t)$, є функцією джерел $Q_i(R, t)$ і залежить від гідрометеорологічних характеристик середовища

$$I_{il}(R, t) = f(Q_i, V_R, K_R, v_g, \dots), \quad (1.4)$$

де V_R, K_R, v_g – відповідно швидкість вітру, коефіцієнт турбулентної дифузії, швидкість гравітаційного осадження.

Є очевидною і залежність

$$Q_i(R, t) = \sum_j q_{ij}(R, t), \quad (1.5)$$

де q_{ij} — кількість i -ї речовини, яка викидається окремими j -ми джерелами (значення величини $I_i(R)$ в більшості визначаються і розміщенням джерел у просторі).

Таким чином, співвідношення (1.1 ... 1.5) дозволяють визначити перелік пріоритетних факторів, які необхідно враховувати при організації мережі спостережень. Основні із них такі:

- відомості про існуючі і перспективні джерела забруднення атмосфери (з урахуванням розвитку економічних районів);
- характеристика забруднюючих речовин (токсичність, можливість вступу в хімічні реакції з іншими речовинами, здатність до осідання на підстилаючій поверхні і т.д.);
- гідрометеорологічні дані;
- результати минулих спостережень за забрудненням атмосфери (в основному експедиційних досліджень);
- дані про рівні забруднення природних середовищ в інших країнах;
- відомості про далеке (трансграничне) перенесення домішок.

Створена мережа спостережень є складовою частиною Глобальної системи моніторингу навколишнього середовища (ГСМНС), яка реалізується в рамках програм ЮНЕП.

Програма ГСМНС передбачає роботу в різних напрямках, проте найбільш важливим завданням в рамках цієї програми є моніторинг великомасштабного перенесення й осідання забруднюючих речовин (моніторинг забруднення).

У свою чергу, кінцевою метою глобального і регіонального моніторингу забруднення у системі ГСМНС є:

- визначення концентрації пріоритетних забруднюючих речовин в середовищі, їх розподіл у просторі і зміна в часі;
- оцінка величини і швидкості потоків забруднюючих речовин і шкідливих продуктів їх перетворень;
- забезпечення уніфікованих методів пробовідбору й аналізу для отримання порівняних між країнами результатів і обмін досвідом з організації систем моніторингу;
- забезпечення в глобальному масштабі інформацією, необхідною для прийняття рішень з управління заходами щодо боротьби із забрудненнями.

Таким чином, організація науково-обґрунтованої системи спостережень повинна базуватися на всебічному аналізі навколишнього природного середовища. Дані ж такої системи – інформаційна основа для вирішення завдань регулювання якості середовища.

Найважливішим напрямком у боротьбі із забрудненням атмосферного повітря є система контролю промислових викидів в атмосферу. Ця система необхідна для отримання об'єктивної інформації про викиди шкідливих домішок в атмосферу промисловими джерелами. Для вирішення цього завдання було створено Державну інспекцію з охорони атмосферного повітря, що забезпечує контроль за дотриманням державними підприємствами норм гранично допустимих викидів (ГДВ) і заходів зі зниження кількості викидів шкідливих речовин в атмосферу.

1.2. Основні методи аналізу речовин, що забруднюють атмосферу

Аналіз забруднень, що містяться в повітряному середовищі, можна віднести до найбільш важких завдань аналітичної хімії. Це обумовлено наступними причинами:

- одна проба одночасно може містити десятки і навіть сотні органічних і неорганічних сполук;
- концентрація токсичних речовин в атмосфері може бути мізерно малою (10^{-4} ... 10^{-7} % і нижче);
- повітря являє собою нестійку систему з мінливим складом (наявність вологи, кисню, фотохімічні реакції, зміна метеорологічних умов).

Однією з головних задач аналізу забруднень повітря є отримання інформації про якісний та кількісний склад аналізованих проб повітря, необхідної для прогнозування рівнів забруднення повітря, оцінки фактичного стану, виконання заходів з охорони повітряного басейну і т.д.

Для виконання цього завдання використовуються сучасні фізико-хімічні методи аналізу речовини і в першу чергу хроматографічні і спектральні методи в поєднанні з попереднім концентруванням мікро домішок.

Сьогодні методи визначення в повітрі низьких концентрацій токсичних хімічних сполук розроблені більш ніж для 400 речовин.

Для цілей аналізу забруднень повітря були поширені методи, які можна розбити на чотири групи:

- хроматографічні;
- мас-спектрометричні;
- спектральні;
- електрохімічні.

Хроматографічні методи найбільш ефективні при аналізі складних сумішей. Зокрема, газова хроматографія - ідеальний метод дослідження мікро домішок летких органічних сполук. Ці методи дозволяють аналізувати проби повітря, забрудненого домішками токсичних органічних сполук, до яких відносяться поліциклічні ароматичні вуглеводні, пестициди та ін. В той самий час для аналізу забруднень повітря почали застосовувати різні варіанти іонної рідинної хроматографії, за допомогою якої визначаються мікро домішки реакційно здатних органічних і неорганічних з'єднань.

На рис. 1.1 показана схема газового хроматографа, поділ летких речовин в якому відбувається в наступній послідовності. За допомогою спеціального пристрою – зазвичай невеликого скляного шприца – проба вводиться з одного кінця довгої вузької хроматографічної колонки (трубка довжиною 0,9 ... 3,0 м і діаметром 0,25 ... 50 мм), через яку протікає газ-носіє.

Як газ-носіє використовується інертний газ, який проходить через колонку з постійною швидкістю і виносить компоненти проби, що з'являються на виході в залежності від часу утримування їх у колонці. Поділ відбувається за рахунок твердої (абсорбенту) або рідкої (адсорбенту) речовини, що знаходиться в колонці і зветься нерухомою фазою.

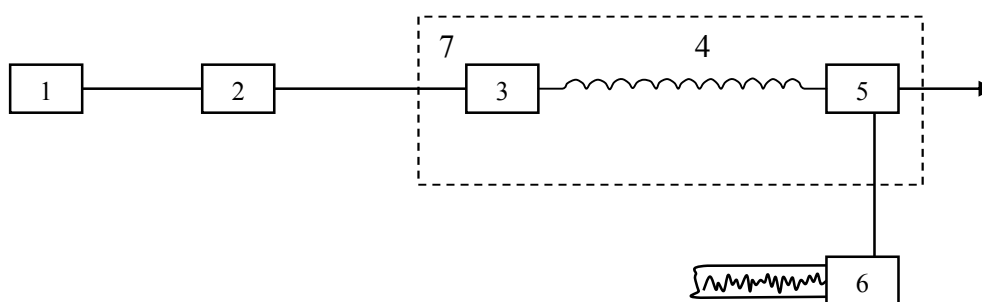


Рисунок 1.1 – Схема газового хроматографа: 1 – газ-носіє; 2 – регулятор витрати; 3 – пристрій для введення проби, 4 – колонка; 5 – детектор; 6 – самописець; 7 — термостат

Завдяки абсорбції окремих компонентів на активних центрах абсорбенту або їх розчиненню в нерухомій фазі в залежності від фізичних властивостей компонентів суміші одні з них просуваються швидше, а інші повільніше, що

дозволяє їх розрізняти на виході, застосовуючи відповідний детектор. В результаті можна отримати зональний розподіл компонентів – хроматограму, що дозволяє виділити і проаналізувати окремі речовини проби.

В останні роки найбільш широке застосування для автоматичного контролю вуглеводнів отримав полум'яно-іонізаційний метод.

Детектування із застосуванням полум'яно-іонізаційного методу здійснюється введенням газоподібної проби в полум'я водню. Полум'я знаходиться між електродами, на яких підтримується напруга в кілька сот вольт. За відсутності домішок (горіння тільки одного водню) виникає струм іонізації мізерно малий (10^{-12} ... 10^{-13} А). Коли у водневе полум'я вводиться газоподібна проба, що містить вуглеводні, в полум'ї утворюються іони, які направляються до позитивного електрода. Струм іонізації (10^{-7} ... 10^{-12} А), що виникає, посилюється електрометричним підсилювачем постійного струму і реєструється самопишучим приладом.

До достоїнств полум'яно-іонізаційного методу відноситься:

- висока чутливість до органічних речовин;
- лінійна характеристика перетворення;
- нечутливість до більшості домішок неорганічного походження.

Використання полум'яно-іонізаційного методу для детектування після поділу компонентів проби із застосуванням газової хроматографії дозволяє розрізняти присутні вуглеводні і визначати їх кількість. Слід зазначити, що власне полум'яно-іонізаційний метод дає можливість визначати тільки сумарну кількість присутніх вуглеводнів і не дозволяє розрізняти речовини.

Мас-спектрометричні методи. Складні композиції забруднюючих речовин в атмосферному повітрі, одночасна присутність органічних і неорганічних сполук істотно ускладнює проведення аналізу. Для якісної і кількісної оцінки композицій необхідно чітко розділити аналізовані речовини й отримати однозначні характеристики для кожного з них. Одночасне виконання цих двох вимог забезпечує мас-спектральний аналіз з попереднім хроматографічним розподілом з'єднань. Такий аналіз отримав назву «хромато-мас-спектрометрії» (ХМС).

Проби забрудненого повітря, як зазначалося вище, часто являють собою складні суміші, що містять сотні сполук, детектованих у вигляді хроматографічних піків. Тому розшифровка хроматограм є надзвичайно трудомісткою роботою.

Положення істотно змінилося при використанні електронно-обчислювальних машин з відповідним програмним забезпеченням. Це значно спростило розшифровку даних, отриманих ХМС або, в окремому випадку, ГХ-МС-методом (ГХ – газова хроматографія).

По суті у ХМС-аналізі повітряних забруднень є два підходи:

- 1) визначення специфічних з'єднань або зацікавлених класів;
- 2) загальний аналіз (якісний і кількісний) усіх з'єднань, присутніх у даній пробі забрудненого повітря.

У першому випадку найбільш прийнятний безперервний контроль обраних іонів, сенс якого полягає в тому, що з обраних іонів з певним співвідношенням маси до заряду (m/e) тільки незначна частина робить внесок в інтенсивність відповідного піка в мас-спектрі. Якщо ж детектувати тільки «потрібні» іони, то кількість їх, реєстрована таким дуже специфічним детектором, як МС-ЕОМ система, різко збільшується, що забезпечує значно вищу чутливість при реєстрації і кількісній оцінці.

За другого підходу потрібне знання всіх компонентів, що входять в аналізовану пробу забрудненого повітря. У цьому випадку про склад забруднень судять за кривою зміни іонного струму. Графік іонного струму, отриманий в режимі іонної мас-хроматографії, показує залежність зміни інтенсивності піків відповідних іонів як функцію часу. Порівнюючи ці діаграми з графіком зміни повного іонного струму легко знайти цікавий для дослідника мас-спектр відповідного компонента.

Кількісні характеристики можна отримати різними способами. Одним із найбільш поширених є використання для аналізу хроматограм, отриманих методом, в якому мас-спектрометр відіграє роль специфічного детектора. В цьому випадку для порівняння в хроматограф вводять стандартний розчин з відомою концентрацією. Площу стандартного хроматографічного піка порівнюють з площею піка ідентифікованого компонента і з урахуванням коефіцієнтів чутливості розраховують концентрацію забруднюючої речовини, що нас цікавить.

Газова хроматографія має незаперечні переваги як аналітичний метод, але не дозволяє ідентифікувати сотні сполук, що входять до складу складних сумішей, що забруднюють атмосферне повітря. Природно, що для вирішення цієї проблеми потрібен детектор, здатний селективно давати однозначні характеристики кожного компонента окремо. Таким детектором є мас-спектрометр. Об'єднані в єдиній схемі, ці методи доповнюють один одного і дозволяють детектувати та ідентифікувати низькі концентрації органічних сполук в комплексних сумішах.

Спектральні методи аналізу є найбільш поширеним способом дослідження якісного та кількісного складу забруднень повітря. Атомна абсорбція, плазмова емісійна спектроскопія, рентгенофлуоресцентна спектроскопія, лазерні методи та інші дозволяють визначити безліч мікро домішок у повітрі.

Одним із найбільш доступних методів аналізу повітря в цій групі є колориметрія. Метод заснований на вимірюванні ослаблення світлового потоку внаслідок виборчого поглинання світла визначеною речовиною у видимій області спектра. Інгредієнт, що визначається, переходить у забарвлене з'єднання за допомогою специфічної хімічної реакції, потім визначається інтенсивність забарвлення розчину. Якщо досліджувана речовина безпосередньо поглинає у видимій області спектра, тривалість аналізу знижується, оскільки відпадає необхідність отримання забарвленого розчину.

Застосовувані в колориметрії прилади в основному ділять на два типи:

– прилади, в яких проводять візуальне порівняння забарвлення робочого і стандартного розчинів;

– прилади, в яких визначають абсолютні або відносні інтенсивності світлових потоків, які пройшли через розчин.

Відомого поширення набули і стрічкові фотоколориметричні газоаналізатори, в яких взаємодія речовини, що визначається, і реагенту відбувається на паперових, тканинних або полімерних стрічках. Стрічкові аналізатори мають переваги перед рідинними: вони більш чутливі, простіші в роботі, не вимагають витрат часу на попереднє приготування розчинів.

До числа спектральних методів відноситься також УФ- та ІЧ-спектроскопія. В УФ-області спектра найчастіше аналізуються ароматичні сполуки, а також неорганічні речовини, а, саме: SO_2 , NO_2 і Hg . Порівнянно з колориметрією метод має більш високу чутливість, проте має і недолік — низьку селективність. Це пов'язано з тим, що безліч органічних сполук, що забруднюють повітря, мають в УФ-області спектра широкі смуги поглинання, які можуть перериватися. Це, перш за все, знижує точність вимірювання, а іноді унеможлиблює й аналіз багатокомпонентних сумішей.

Метод ІЧ-спектроскопії дозволяє проводити ідентифікацію і кількісно визначати багато промислових забруднень органічного та неорганічного походження.

Для безперервного аналізу домішок у повітрі широко застосовуються автоматичні недиспергуючі та диспергуючі ІК-аналізатори, які дозволяють визначати концентрацію речовин у повітрі в області $10^{-4} \dots 10^{-2}$ %. Вибірковість аналізу при застосуванні диспергуючого аналізатора забезпечується тим, що як аналітична вибирається така довжина хвилі, за якої визначається речовина, що знаходиться в суміші, яка поглинає ІЧ-випромінення, а компоненти, які не вимірюються, залишаються «прозорими».

Недиспергуючі ІК-аналізатори бувають двох типів:

– з негативною фільтрацією, коли одна з кювет, що служить фільтром, заповнена газом, який повинен визначатися як домішка в аналізованому повітрі, а інша – містить газ, який заважає визначити домішку, за певного тиску, якщо такий є в повітрі, або залишається незаповненим;

– з позитивною фільтрацією, коли застосовується селективний приймач у вигляді камери, що містить аналізований газ і конструктивно виконана таким чином, щоб одна зі стінок камери була чутливою металевою мембраною. Амплітуда коливань тиску газу в камері пропорційна концентрації аналізованого газу.

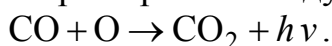
Недиспергуючі ІК-аналізатори застосовуються для аналізу оксиду і діоксиду вуглецю, вуглеводнів, оксидів азоту і діоксиду сірки. Вітчизняна промисловість випускає оптико-акустичні ІК-аналізатори ГМК-3 і ГІАМ-1 для визначення в повітрі концентрації CO в інтервалі концентрацій $0 \dots 400 \text{ мг/м}^3$.

До числа найбільш чутливих емісійних методів визначення слідів органічних і неорганічних домішок у повітрі відноситься люмінесцентний метод аналізу, одним із напрямків якого є метод молекулярної газозфазної

флуоресценції. Даний метод заснований на принципі збудження молекул таких речовин, як SO_2 , NO_2 , Cl_2 , випромінюванням з довжиною хвилі, характерною для поглинання цих сполук у видимій і УФ-областях спектра. Збуджують флуоресценцію лазерами і високо інтенсивними газорозрядними лампами, а вимірювану довжину хвилі виділяють світлофільтрами.

Для визначення оксидів азоту, вуглецю і сірки, озону, аміаку та інших застосовують високочутливі газоаналізатори, що працюють на принципі хемілюмінесценції.

Хімічні реакції, що супроводжуються явищем хемілюмінесценції, можуть відбуватися як при підвищеній, так і при кімнатній температурі. Так, визначення концентрації оксиду вуглецю можливе за рахунок хемілюмінесценції, що виникає при горінні оксиду вуглецю в атомному кисні:



При цьому хемілюмінесцентне світіння виявляється у видимій частині спектра при $\lambda = 400 \text{ нм}$. Межа виявлення CO – $0,5 \text{ мг/м}^3$. Оксид азоту визначається за екзотермічною реакцією між NO і O_3 , в результаті якої виходить NO_2 , O_2 і близько 10% електронно-збудженого NO_2 . При переході NO_2 в незбуджений стан виникає випромінювання, інтенсивність якого пропорційна кількості NO в реакційній камері. При визначенні сумарного вмісту $\text{NO} + \text{NO}_2$ в повітрі NO_2 , попередньо відновлюють до NO .

Газоаналізатори для визначення оксидів азоту зазвичай бувають двох типів: одно- та двокамерні. У однокамерному газоаналізаторі визначення вмісту NO і NO_2 відбувається двома циклами: у першому циклі визначається вміст NO , у другому циклі в газі, пропущеному через каталітичний конвертор, визначається вміст суми оксидів. За різницею вимірів визначається вміст NO_2 . При цьому передбачається, що сумарна концентрація оксидів за час між циклами не змінюється. Двокамерні системи дозволяють одночасно вимірювати концентрацію NO і NO_2 . Визначенню концентрації оксидів азоту в повітрі можуть заважати домішки нітратів і нітритів, але зазвичай їх концентрація в атмосферному повітрі порівняно з концентрацією $\text{NO} + \text{NO}_2$ незначна й істотно не впливає на результати аналізу.

Перевагами методу є:

- широкий діапазон виміру ($10^{-2} \dots 10^{-4}$ млн. $^{-1}$);
- хороша швидкодія (до 0,5 с);
- досить проста апаратура.

За прямої взаємодії оксидів азоту з атомарним воднем виникає хемілюмінесцентне світіння в області 628 ... 780 нм з максимумами 690 і 762 нм. Для вимірювання концентрації NO_2 використовується реакція безпосередньої конверсії NO_2 в NO при взаємодії з атомарним воднем. Метод дозволяє вимірювати концентрацію від 4 до $3 \cdot 10^4$ млн. $^{-1}$.

Перевагами методу є: наявність максимумів випромінювання у видимій частині спектра, можливість вимірювання великих концентрацій, широкий діапазон лінійності вихідного сигналу.

Основним недоліком методу є необхідність отримання атомарного водню, що вимагає високих температур (до 1900°C) і пов'язана з підвищеною вибухонебезпечністю.

З появою ядерних джерел випромінювання, що володіють монохроматичністю, високою спектральною потужністю і направленістю випромінювання, стає можливим розвиток активних методів зондування атмосфери на протяжних горизонтальних трасах – до декількох десятків кілометрів у видимому, ультрафіолетовому та інфрачервоному діапазонах електромагнітного спектра.

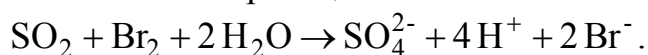
Активні методи зондування діляться на абсорбційні, комбінованого розсіювання і резонансної флуоресценції. Залежно від обраного методу зондування і спектрального інтервалу можна виявляти в атмосфері такі газоподібні сполуки, як CO₂, CH₄, NH₃, NO, NO₂, H₂S, SO₂, HF, Cl, F₂. Системи на основі CO₂ лазера можуть бути використані для виявлення в атмосферному повітрі значної кількості органічних сполук. Ці методи кількісного аналізу забруднень повітря мають високу чутливість, проте для подібних систем в залежності від природи вимірюваного інгредієнта, впливу домішок, що заважають, по трасі і методу зондування межі виявлення можуть становити 10⁻⁴...10⁻⁸ %.

Електрохімічні методи. Порівняно з фізико-хімічними методами, які отримали розвиток в останні роки, електрохімічні методи дещо втратили своє колишнє значення. Разом з тим, технічні досягнення, порівняльна простота і дешевизна приладів, зручність їх експлуатації дозволяють успішно застосовувати електрохімічні методи на практиці. Особливо широке застосування ці методи знайшли за систематичного контролю стану забруднення атмосферного повітря і повітря робочої зони, в лабораторіях АЕС і лабораторіях мережі спостережень.

Найбільшого поширення при аналізі атмосферних забруднень отримали кондуктометричні і кулонометричні методи.

Сутність кондуктометричного методу полягає у вимірюванні електропровідності аналізованого розчину. Електропровідність розчину забезпечується іонами речовин, здатних дисоціювати в певних умовах, і залежить від концентрації іонів у розчині та їх рухливості. Розроблені на кондуктометричному принципі газоаналізатори застосовують для визначення оксидів газів, сірковмісних сполук, галогенів і галогеноводнів. Залежно від методики визначення та факторів, що заважають, межа виявлення за діоксидом сірки знаходиться в інтервалі значень 0,005 ... 1 мг/м³. Проте серійні кондуктометричні газоаналізатори діоксиду сірки мають межу виявлення 0,02 ... 0,05 мг/м³. Принцип дії такого газоаналізатора полягає в наступному. Аналізоване повітря пропускають через розчин, що містить сірчану кислоту,

бромід калію і деяку кількість бромю. Діоксид сірки, що міститься в повітрі, в присутності бромю окислюється за реакцією



В комірці використовуються два електроди: платиновий і срібний, покритий тонким шаром броміду срібла. Різниця потенціалів між електродами підпорядковується закону Нернета:

$$E = E_0 + \left(\frac{RT}{4F} \right) \ln \left(\frac{[\text{Br}_2]}{[\text{Br}^-]} \right),$$

де E_0 – стала різниця потенціалів; R – газова стала; F – стала Фарадея.

Значення E порівнюють зі значенням еталонної напруги і за різницею між ними здійснюють контроль за зміною струму, що проходить через розчин, тобто за зміною електропровідності розчину при електролізі:



Збільшення витрат бромю за рахунок реакції з SO_2 призводить до збільшення струму в електрохімічному ланцюгу, що у свою чергу підвищує вихід бромю, що утворюється при електролізі.

Кондуктометричний метод не вимагає застосування складної апаратури, має високу чутливість, швидкодію і компактність. Недоліком кондуктометричного методу є те, що всі розчині в реактиві з утворенням іонів газу сильно впливають на електропровідність електроліту. На точність показань впливає температура зовнішнього середовища, тому прилад потребує частої зміни електроліту і має нелінійну шкалу.

Кулонометрія – безеталонний електрохімічний метод порівняно високої точності і чутливості. У загальному випадку метод заснований на визначенні кількості електрики, необхідної для здійснення електрохімічного процесу виділення на електроді або утворення в електроліті речовини, за якою проводиться аналіз досліджуваної проби.

Кулонометричні газоаналізатори є найбільш ефективними з усіх газоаналізаторів, які працюють на електрохімічному принципі, і дозволяють визначати в повітрі такі інгредієнти, як SO_2 , HCl , Cl_2 , HF , O_3 , HCN . Залежно від конструкції електрохімічної комірки, електронної схеми і складу поглинаючого розчину межа виявлення за діоксидом сірки коливається від 10 до 100 мкг/м^3 . Вміст хлору визначається в області концентрацій від 0,02 ... 0,03 до 22 ... 24 мг/м .

Кулонометричний метод аналізу має низку безсумнівних переваг: високу чутливість, незалежність показів від факторів, що впливають на результати вимірювань іншими методами (температури, стану поверхні електродів, інтенсивності перемішування і т. д.), широким динамічним діапазоном. Сучасні кулонометричні аналізатори відрізняються порівняльною простотою пристрою, невеликими габаритами і масою, порівняно невисокою вартістю.

До недоліків кулонометричних методів можна віднести низьку селективність і необхідність періодичної зміни електроліту.

1.3. Приладне забезпечення спостережень

Незважаючи на певні труднощі вирішення проблем охорони природи в нашій країні, мережа спостережень в даний час має у своєму розпорядженні прилади, що дозволяють здійснювати ефективний контроль стану навколишнього середовища, зокрема атмосфери. Одні прилади з часом змінюються на більш досконалі, інші мають більш тривалий термін служби. Не акцентуючи увагу на проблемах забезпечення служб Комітету технічними засобами контролю, розглянемо основні типи приладів, які використовуються для аналізу рівнів забруднення повітряного середовища. Крім того, в рамках цього розділу будуть представлені також відомості про комплекси технічних засобів: лабораторія «Пост-2», автоматизована система спостережень і контролю навколишнього середовища АСКНС-АГ.

Газоаналізатор ГІАМ-1. Цей тип газоаналізатора вже тривалий час застосовується для вимірювання вмісту мікро домішок, оксиду вуглецю в повітрі. У приладі використовується оптико-акустичний метод аналізу газу, заснований на вимірюванні поглинання променевої енергії в ІЧ-області спектра. Кожен газ поглинає ІЧ-радіацію в певній області спектра. Виняток становлять лише одноатомні гази, а також кисень, азот і водень – ці гази ІЧ-радіацію не поглинають.

Оптико-акустичний метод аналізу заснований на наступному явищі: якщо газ, що володіє здатністю поглинати ІЧ-промені, укласти в замкнутий об'єм і впливати на нього потоком ІЧ-радіації, то через певний проміжок часу газ нагріється і відповідно підвищиться тиск. При перериванні потоку ІЧ-радіації з певною частотою газ буде періодично нагріватися й охолоджуватися, що призведе і до коливань тиску.

У ГІАМ-1 використана схема диференційного ІЧ-аналізатора з позитивною фільтрацією. Принципова схема ГІАМ-1 показана на рис. 1.2.

Як впливає з рис. 1.2, потік ІЧ-радіації від двох ніхромових випромінювачів 2 надходить у два оптичних канали. Потоки радіації по черзі перериваються обтюратором 3, обертання якого забезпечується синхронним двигуном 1.

У правому каналі переривчастий потік радіації проходить вимірвальну камеру 4, а потім фільтрову 8 і надходить у правий променевий приймальний циліндр 13 приймача інфрачервоного випромінювання 14.

Через камеру 4 безперервно проходить газова суміш, що аналізується. Аналогічний порядок проходження потоку і в лівому каналі, тільки тут переривчастий ІЧ-потік починає свій шлях через порівняльну камеру 15.

Променеві приймальні циліндри 13 заповнені сумішшю оксиду вуглецю з аргоном, внаслідок чого коливання температури і тиску газу, які виникають за рахунок інфрачервоного випромінювання, обумовлені тільки поглинанням ІЧ-радіації оксидом вуглецю.

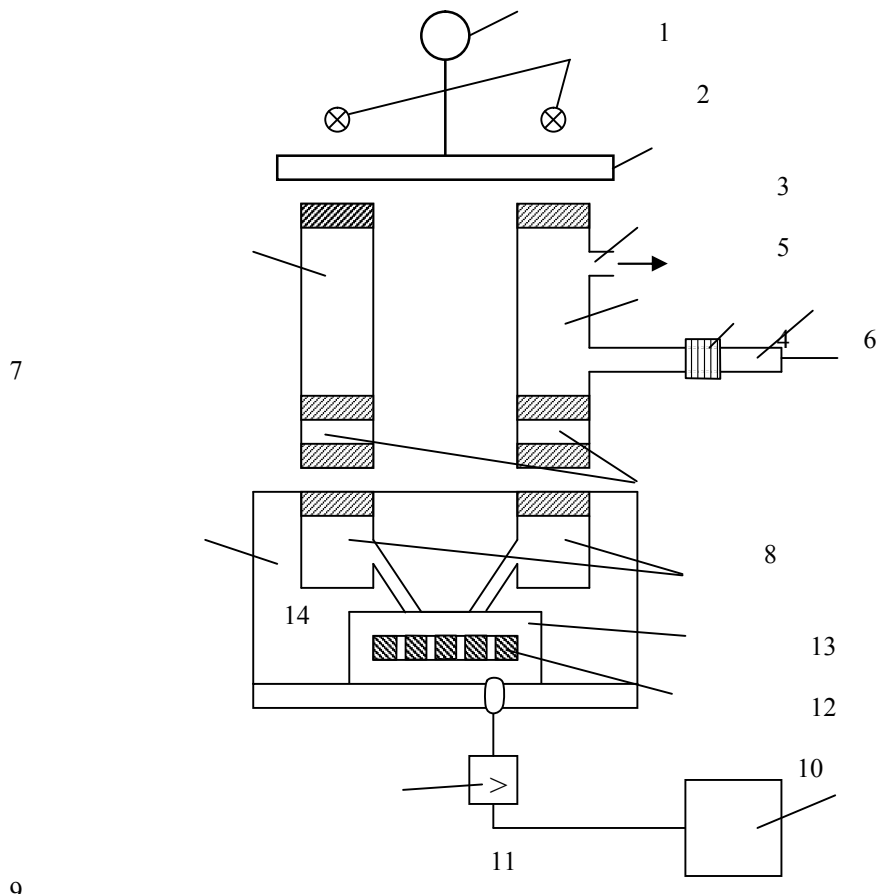


Рисунок 1.2 – Принципова схема ІЧ-аналізатора з додатною фільтрацією: 1 – синхронний двигун; 2 – джерела випромінювання; 3 – обтюратор; 4 – вимірювальна камера; 5 – вихід газу; 6 – фільтр на вході газу; 7 – вхід газу; 8 – фільтрові камери; 9 – самопишучий прилад; 10 – мембрана конденсаторного мікрофона; 11 – підсилювач; 12 – конденсаторний мікрофон; 13 – променеві приймальні циліндри; 14 – приймач ІЧ-випромінювання; 15 – порівняльна камера

Виникаючі в результаті впливу переривчастого випромінювання коливання температури і тиску сприймаються конденсаторним мікрофоном 12. При цьому має місце зсув у часі між коливаннями тиску в двох променевих приймальних циліндрах. У разі рівного розподілу потоків інфрачервоного випромінювання мембрана конденсаторного мікрофона 10, що сприймає суму тисків, буде знаходитися в стані спокою.

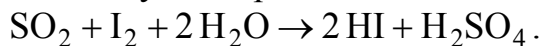
За наявності у вимірювальній камері оксиду вуглецю, потік інфрачервоного випромінювання, що надходить в променево-приймальний циліндр, буде меншим. У цьому випадку в надмембраному об'ємі приймача інфрачервоного випромінювання з'явиться змінна складова тиску газу, значення якої буде залежати від ступеня поглинання випромінювання у вимірювальній камері. Коливання мембрани перетворюються конденсаторним мікрофоном у змінну напругу, яка надходить на вхід підсилювача 11, після чого на самопишучий прилад 9. Покази приладу 9 є мірою концентрації CO в аналізованій газовій суміші.

Для зменшення впливу на покази газоаналізатора діоксиду вуглецю, зазвичай присутнього в газовій суміші з СО і, який має близький до спектра оксиду вуглецю спектр поглинання, фільтрові камери ГІАМ-1 заповнені діоксидом вуглецю.

Газоаналізатор дозволяє проводити вимірювання в трьох діапазонах: 0 ... 40, 0 ... 80 і 0 ... 160 мг/м³. При цьому основна наведена похибка (в % від верхньої межі вимірювання) становить не більше ± 5%.

Газоаналізатор ГКП-1. Газоаналізатор кулонополярографічний ГКП-1 являє собою автоматичний стаціонарний прилад для вимірювання вмісту діоксиду сірки в атмосферному повітрі.

Принцип роботи газоаналізатора полягає в наступному. Газова суміш, що аналізується, забирається з навколишнього атмосферного повітря за допомогою спеціального забірної пристрою, очищається у фільтрі від механічних домішок і надходить в електрохімічну комірку. Діоксид сірки, який знаходиться в аналізованій суміші, реагує з йодом до йодоводню (НІ), потім окислюється на вимірювальному електроді:



Електрохімічна комірка працює в режимі гальванічного елемента. Електричний струм, що виникає при електролізі, є мірою концентрації діоксиду сірки

$$c_{\text{SO}_2} = 1,1938 \frac{I}{Q},$$

де c_{SO_2} – концентрація діоксиду сірки в повітрі, мг/м³; I – електричний струм, мкА; Q – витрата газової суміші, л/год.

Газоаналізатор має чотири діапазони вимірювання: 0 ... 1, 0 ... 2, 0 ... 5 і 0 ... 10 мг/м³. Основна похибка приладу не перевищує ± 6% від верхньої межі вимірювання.

Газоаналізатор ГМК-3 призначений для визначення концентрації оксиду вуглецю в газових сумішах.

Принцип дії (як і в раніше розглянутому приладі ГІАМ-1) заснований на вимірюванні поглинання оксидом вуглецю ІЧ-радіації. Кількість поглинання радіації залежить від концентрації оксиду вуглецю. Багато спільного і у вимірювальній схемі газоаналізаторів ГМК-3 і ГІАМ-1.

Прилад має три шкали вимірювання: 0 ... 40, 0 ... 80 і 0 ... 400 мг/м³. Основна похибка на шкалі 0 ... 80 мг/м³ не перевищує ± 5% від верхньої межі вимірювань. На шкалах 0 ... 40 і 0 ... 400 мг/м³ похибка трохи вища, але не більше ± 10%.

Газоаналізатор 652ХЛ01. Автоматичний газоаналізатор застосовується для інструментального контролю концентрації озону. В основу роботи приладу покладено хемілюмінесцентний метод, сутність якого полягає в тому, що реакція етилену (С₂Н₄) з озоном за певних умов супроводжується люмінесценцією



де h – постійна Планка; ν – частота випромінювання.

Концентрація озону в аналізованій суміші визначається детектуванням за допомогою фотоелектронного помножувача (ФЕП) випромінювання $h\nu$, яке виникло, пропорційного концентрації в пробі.

Газоаналізатор має чотири діапазони вимірювання масової концентрації озону: 0 ... 0,05, 0 ... 0,15, 0 ... 0,5 і 0 ... 1,5 мг/м³. Основна наведена похибка на всіх діапазонах не перевищує $\pm 20\%$.

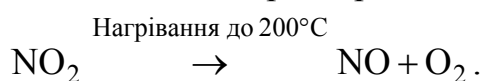
Газоаналізатор 645ХЛ01. За допомогою автоматичного газоаналізатора 645ХЛ01 здійснюється інструментальний контроль вмісту в повітрі оксиду азоту (NO), діоксиду азоту (NO₂) і суми оксидів азоту (NO + NO₂).

В основу роботи приладу покладено хемілюмінесцентний метод, за якого взаємодія оксиду азоту з озоном у відповідних умовах супроводжується люмінесценцією:



Випромінювання відбувається в області спектра 620 ... 2500 нм з максимумом при 1200 нм, тобто в ІЧ-діапазоні. Інтенсивність випромінювання $h\nu$ пропорційна кількості взаємодіючих молекул, тобто концентрації оксиду азоту.

Приймачем випромінювання в газоаналізаторах типу 645ХЛ служить фотоелектронний помножувач (ФЕП). Озон, необхідний для протікання реакції, отримують з кисню навколишнього повітря при високовольтному розряді в генераторі озону. Для визначення концентрації NO₂ і суми оксидів азоту NO + NO₂ введений додатковий канал перетворення NO₂ в NO



У цьому каналі детектується випромінювання від NO + NO₂.

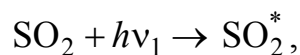
Концентрація NO₂ визначається за різницею між значеннями електричних сигналів, пропорційних концентраціям NO + NO₂ і NO.

Для отримання максимальної чутливості приладу в камері, у якій відбувається реакція взаємодії аналізованої суміші з озоном, створюється оптимальне розрядження 0,6 ... 0,8 атм.

Газоаналізатор має чотири діапазони вимірювання масової концентрації: 0 ... 0,25, 0 ... 0,75, 0 ... 2,5 і 0 ... 7,5 мг/м³. Значення основної зведеної похибки на всіх діапазонах вимірювання не перевищує $\pm 20\%$ для NO, NO₂ і $\pm 30\%$ для NO_x.

Газоаналізатор 667ФФ01. Газоаналізатор застосовується для інструментального контролю діоксиду сірки.

В основу роботи приладу покладено флуоресцентний метод визначення діоксиду сірки в атмосферному повітрі. Суть методу полягає в реєстрації флуоресцентного випромінювання молекул діоксиду сірки, що виникає під впливом збудливого ультрафіолетового випромінювання. Збудження молекул діоксиду сірки відбувається у спектральній області 220 ... 240 нм, що виділяється за допомогою первинного світлофільтра зі спектра випромінювання імпульсної ксенонової лампи. У цій області спектра молекули води й оксидів азоту не впливають на флуоресценцію. Процес збудження описується формулою



де ν_1 – довжина хвилі збуджуючого випромінювання.

Збуджена молекула переходить в основний стан з випромінюванням кванта світла



де ν_2 – довжина хвилі випромінювання при флуоресценції.

Флуоресцентне випромінювання знаходиться в діапазоні довжин хвиль 260 ... 400 нм. Інтенсивність випромінювання пропорційна концентрації діоксиду сірки.

Газоаналізатор має три діапазони вимірювання масової концентрації: 0 ... 0,5, 0 ... 1,5 і 0 ... 5,0 мг/м³. Значення допустимої основної зведеної похибки приладу на всіх діапазонах вимірювання не перевищує $\pm 20\%$.

Газоаналізатор 623ІН02. Дана модифікація автоматичного газоаналізатора 623ІН застосовується для контролю масових концентрацій суми вуглеводнів, метану і суми вуглеводнів за вирахуванням метану.

Робота газоаналізатора ґрунтується на застосуванні полум'яно-іонізаційного методу вимірювання. В основі кількісного визначення концентрації вуглеводнів у повітрі лежить зміна струму іонізації, отримана при введенні в полум'я водню органічних молекул.

Полум'яно-іонізаційний детектор розроблений ще в 1957 р. Принцип його роботи заснований на тому, що введення органічної речовини у водневе полум'я викликає утворення іонів, завдяки яким виникає іонний струм між електродами детектора, що знаходяться під напругою. За відсутності органічних домішок у пробі струм іонізації, що виникає в чистому водневому полум'ї, дуже малий. У разі ж введення в полум'я органічних речовин між електродами полум'яно-іонізаційного детектора струм іонізації зростає. Високоомний вимірювальний перетворювач «струм-напруга» перетворює струм іонізації у вихідну напругу.

Прилад виконаний за двоканальною схемою, при цьому потік аналізованого атмосферного повітря ділиться на дві рівні частини. На одну, полум'яно-іонізаційний детектор, де реєструється загальна сума вуглеводнів, аналізоване повітря надходить без змін. Інша частина потоку проходить через пристрій розділення вуглеводнів, в якому метан відділяється від інших вуглеводнів (етилен, пропан, толуол, бензол та ін.). Другий детектор реєструє тільки метан. Значення концентрації суми вуглеводнів за вирахуванням метану виходить як різниця електричних сигналів з обох датчиків.

Газоаналізатор має три діапазони вимірювання масової концентрації суми вуглеводнів, метану і суми вуглеводнів за вирахуванням метану: 0 ... 5, 0 ... 15 і 0 ... 50 мг/м³. Основна наведена похибка вимірювання метану (СН₄) і суми вуглеводнів (Σ СН) становить $\pm 15\%$. Похибка при вимірюванні суми вуглеводнів за вирахуванням метану (Σ СН ... СН₄) не перевищує $\pm 20\%$.

Газоаналізатор «Паладій-3». Цей тип газоаналізатора приходить на зміну базовій моделі «Паладій-2». Прилад призначений для інструментального

контролю за забрудненням атмосфери і повітря виробничих приміщень оксидом вуглецю. Контроль здійснюється за допомогою вимірювання вмісту оксиду вуглецю в повітрі і видачі інформації у вигляді уніфікованого вихідного сигналу, пропорційного аналізованій величині.

Принцип дії газоаналізатора заснований на методі потенціостатичної амперметрії, що полягає у вимірюванні струму електрохімічної комірки.

Газоаналізатор «Паладій-3» складається з двох блоків: газового і вимірювального. У газовому блоці встановлені елементи газопідготовки і електрохімічний осередок. У вимірювальному блоці розташована електронна схема, за допомогою якої забезпечується потенціостатичний режим роботи електрохімічного осередку і вимір струму електрохімічного окислення вуглецю. Газоаналізатор працює в безперервному режимі.

Лабораторія комплектна типу «Пост-2». Лабораторія призначена для проведення комплексу стаціонарних спостережень за рівнем забруднення атмосферного повітря, а також для вимірювання метеорологічних параметрів.

Лабораторія дозволяє здійснювати автоматичне вимірювання та запис на діаграмній стрічці концентрацій оксиду вуглецю та діоксиду сірки; автоматичний відбір 33 проб повітря на п'ять газоподібних домішок, сажу і пил; ручний відбір п'яти проб повітря на газоподібні домішки, сажу і пил; автоматичне вимірювання та реєстрація напрямку і швидкості вітру, температури ($-50 \pm 50^{\circ}\text{C}$) і вологості атмосферного повітря (0 ... 100%); візуальний контроль температури, вологості і тиску атмосферного повітря переносними приладами.

Лабораторія «Пост-2» є комплексом технічних засобів, що включає у себе металевий каркас (павільйон) з зовнішніми і внутрішніми допоміжними пристроями; групу приладів автоматичного контролю концентрацій забруднюючих речовин – газоаналізаторів на оксид вуглецю типу ГМК-3 і діоксид сірки типу ДКП-1; групу приладів для автоматичного і ручного відбору проб повітря на газоподібні домішки, сажу і пил – електроаспіратори типу ЕА-1, ЕА-2, ЕА-2С і автоматичний повітряний відбірник «Компонент»; групу приладів для автоматичного і ручного контролю метеовеличин – анеморумбограф типу М63МР, датчики температури і вологості, блок узгодження, який служить для реєстрації значень температури і вологості автоматичним самопишучим приладом анеморумбографа, термометр типу ТП-6, психрометр типу МБ-4М, барометр-анероїд типу М-67.

Лабораторія може працювати в безперервному або переривчастому режимі при півгодинному обслуговуванні оператором 2 ... 4 рази на добу.

Лабораторія дозволяє одночасно контролювати вміст 12 забруднюючих речовин, в тому числі: при автоматичному вимірюванні з реєстрацією вмісту двох речовин, при автоматичному відборі проб – п'ять; при ручному відборі проб – п'ять. За одне обслуговування забезпечується одночасний відбір 38 проб, в тому числі при автоматичному відборі 33, при ручному – 5.

На стаціонарній лабораторії «Пост-2» контролюється також сім метеопараметрів, в тому числі чотири – при автоматичному вимірюванні з реєстрацією, сім – при візуальному вимірюванні.

Продуктивність лабораторії при чотириразовому обслуговуванні протягом доби становить проб/рік, а середній термін служби – 10 років.

Головна автоматизована система спостереження і контролю навколишнього середовища АНКОС-АГ. Ця система призначена для постійного контролю за мінливими у часі і просторі характеристиками забруднення і метеорологічними параметрами повітряного басейну великих міст і промислових центрів, а також для оперативного прогнозування рівнів забруднення.

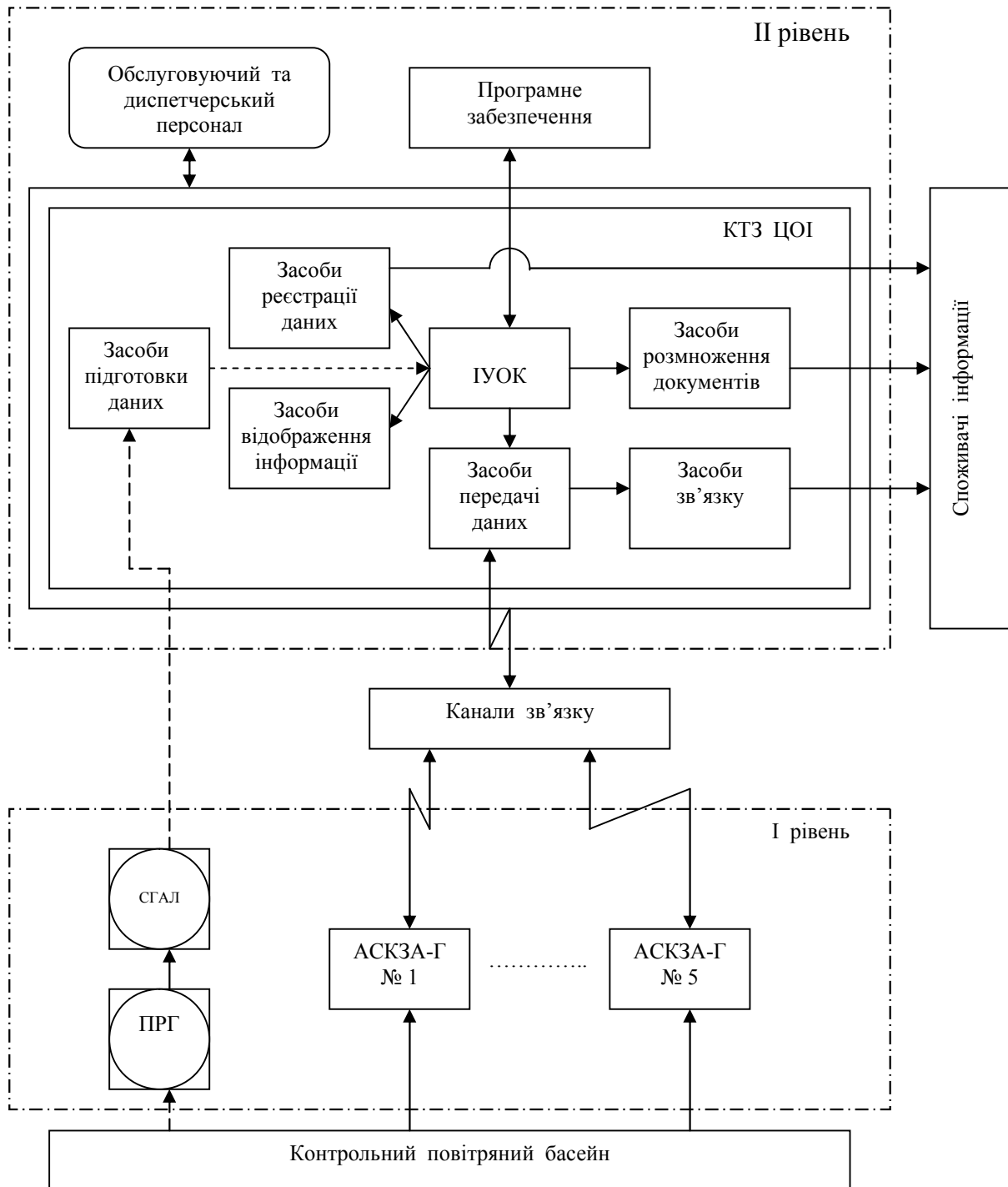


Рисунок 1.3 – Структурна схема систем АСКНС-АГ: ПРГ – пересувна робоча група; СГАЛ – стаціонарна газоаналітична лабораторія; ІУОК – інформаційно-керуючий обчислювальний комплекс; КТЗ – комплекс технічних засобів

На рис. 1.3 представлена структурна схема системи АСКНС-АГ. Як випливає зі схеми, система АСКНС-АГ має два рівні. На першому (нижньому) рівні системи здійснюється вимір концентрацій забруднюючих речовин і значень метеовеличин, перетворення вимірних значень у фізичні величини, реєстрація цих значень на машинних носіях, формування повідомлень, зберігання інформації і передавання інформації на другий (верхній) рівень у Центр оброблення інформації (ЦОІ) для подальшого оброблення.

До першого рівня відносяться автоматичні станції контролю забруднень атмосфери (АСКЗА-Г).

На другому рівні здійснюється збирання вихідної інформації від АСКЗА-Г, а також від пересувних робочих груп і стаціонарної газоаналітичної лабораторії, її оброблення, керування роботою складових частин системи, рішення комплексу завдань з контролю і прогнозування небезпечних рівнів забруднення, видача результатів оброблення інформації на друк, індикацію і машинні носії, а також передавання її споживачам.

Другий рівень системи включає у себе інформаційно-керуючий обчислювальний комплекс, засоби відображення інформації, передачі даних, зв'язку, реєстрації, розмноження і підготовки інформації, що встановлені в центрі обробки інформації.

Основні функції системи:

- автоматичне збирання і накопичення інформації про забруднення атмосфери основними домішками і про метеорологічні величини;
- виявлення високих концентрацій шкідливих речовин, що перевищують встановлені нормативи, і передача штормових попереджень;
- короткостроковий прогноз рівня забруднення;
- аналіз причин перевищення гранично-допустимих концентрацій (ГДК) і видача рекомендацій промисловим підприємствам зі скорочення викидів шкідливих речовин в атмосферу в період несприятливих метеорологічних умов;
- контроль стану комплексу технічних засобів системи.

На станції АСКЗА-Г вимірюється 13 параметрів, в тому числі утримання дев'яти забруднюючих речовин і чотири метеовеличини.

Контрольовані забруднюючі речовини і діапазон вимірюваних концентрацій:

- оксид вуглецю (CO), 0 ... 160 мг/м³;
- діоксид сірки (SO₂), 0 ... 5 мг/м³;
- оксид азоту (NO), діоксид азоту (NO₂), сума оксидів азоту (NO_x), 0 ... 7,5 мг/м³;
- сума вуглеводнів за вирахуванням метану (Σ СН ... СН₄), 0 ... 45 мг/м³;
- озон (O₃), 0 ... 1,5 мг/м³.

Контрольовані метеорологічні параметри, діапазони їх вимірювання:

- швидкість вітру, 1,5 ... 40 м/с;
- температура повітря –40 ... 40°C;
- напрям вітру, 0 ... 360°.

Гранична наведена похибка вимірювання концентрацій забруднюючих речовин становить 20%, а метеопараметрів – 10%.

Максимальна кількість стаціонарних станцій контролю АСКЗА-Г – 100, періодичність вимірювань на яких становить 30 хв, 1, 2, 4 і 6 годин.

Контрольні питання:

1. Основні завдання глобального і регіонального моніторингу забруднення у системі ГСМОС.
2. Методи аналізу забруднення атмосферного повітря.
3. Переваги полум'яно-іонізаційного методу.
4. Дайте визначення колометрії.
5. В чому полягає суть спектрального методу?
6. Для чого призначений газоаналізатор ГМК-3?
7. Принцип дії газоаналізатора «Паладій-3».
8. Автоматичні станції контролю забруднень атмосфери (АСКЗА-Г), область застосування.

2. ДИСТАНЦІЙНІ Й АВТОМАТИЧНІ МЕТЕОРОЛОГІЧНІ УСТАНОВКИ

Дистанційними метеорологічними станціями (ДМС) називають установки, за допомогою яких можна проводити вимірювання значень метеорологічних елементів на деякій відстані від місця виміру. Такі станції дають можливість швидко провести вимірювання, перебуваючи в приміщенні станції, що особливо важливо при оперативному обслуговуванні, особливо в умовах суворого клімату [2].

Виготовлені в даний час дистанційні станції розраховані на вимір тільки декількох основних метеорологічних елементів (вітру, температури, вологості).

Найбільш поширені є дистанційні метеорологічні станції М-49 і ДМС-Н-53 (наземні) і СДС (суднова).

Дистанційна метеорологічна станція М-49. Ця станція (рис. 2.1) призначена для дистанційного вимірювання температури і вологості повітря, швидкості і напрямку вітру.

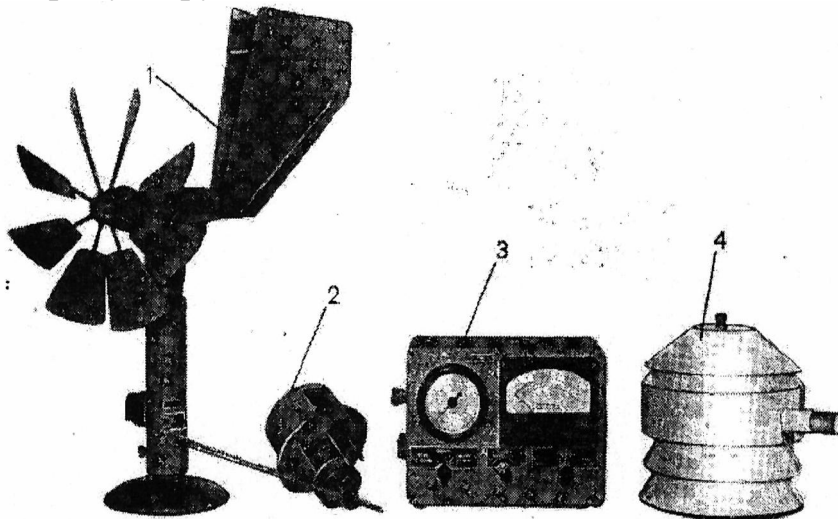


Рисунок 2.1 – Дистанційна станція М-49

Вона побудована головним чином на безконтактних елементах і тому досить надійна.

Станція складається з блока датчиків вітру 1, блока датчиків температури і вологості повітря 2 і 4, вимірювального пульта 3 і сполучних кабелів.

Вимірювальний пульт (рис. 2.2) зібраний в прямокутному корпусі 1. На передній його панелі розміщені прилади 2 і 3 і рукоятки керування 4, 5 і 6. На лівому боці

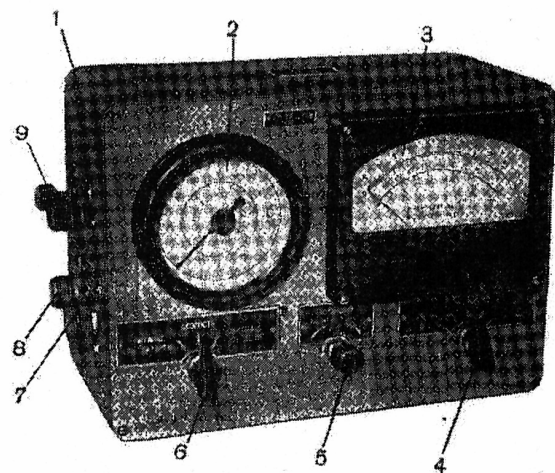


Рисунок 2.2 – Вимірювальний пульт М-49

пульту є клеми 9 для підключення кабелів від датчиків. Як блок датчиків вітру використаний датчик М-47.

Датчики температури і вологості повітря зібрані в одному корпусі (рис. 2.3).

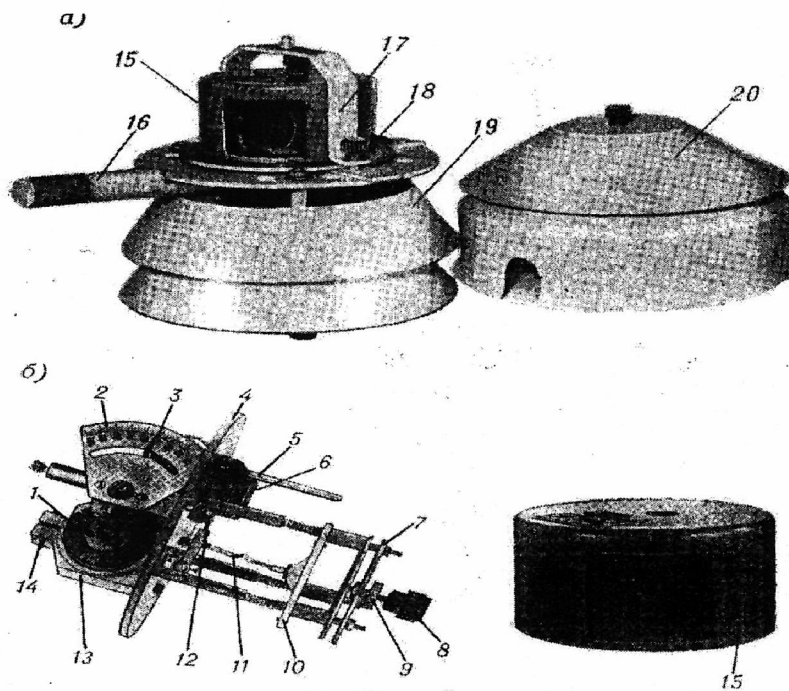


Рисунок 2.3 – Блок датчиків температури і вологості М-49: а) в кожусі зі знятим захисним ковпаком; б) без кожуха

Як чутливий елемент датчика температури у станції використовується мідний термометр опору. Як чутливий елемент датчика вологості використовується мембрана з плівки тварин (така сама, як у гігрографів). Мембрана механічно пов'язана з ротором безконтактного сельсину, що відіграє роль перетворювача датчика вологості. Датчики з'єднуються з вимірювальним пультом за допомогою двох кабелів зі штепсельними рознімами.

У пульті зосереджені вимірювальні пристрої та блок живлення з перетворювачем постійного струму в змінний з частотою 400 Гц. Вимірювальні пристрої швидкості і напрямку вітру запозичені з анеморумбометра М-47. Блок живлення станції також аналогічний блоку живлення М-47. Станція може живитися від мережі змінного струму 90 ... 230 В, 50 Гц або від джерела постійного струму. Джерело живлення забезпечує живлення постійним струмом нерівноважний міст термометра опору і змінним струмом частотою 400 Гц сельсину синхронного зв'язку датчиків напрямку M_2 , вологості повітря M_3 і загальний для них сельсин-приймач M_1 .

На пульті (рис. 2.2) є два вимірювальних прилади. Один з них служить для вимірювання напрямку вітру і вологості повітря (відповідно до цього він має дві шкали – в градусах для напрямлення й у відсотках відносної вологості). Стрілка цього приладу насаджена на вісь ротора сельсина M_4 . Інший прилад 3 (ІІ) служить для вимірювання швидкості вітру і температури повітря; він має

три шкали – одну в м/с і дві в градусах для вимірювання температури повітря в двох діапазонах.

Установка станції М-49 повинна проводитися відповідно до вказівок Настанови, вип. 3, ч. III з установки ДМС-Н-53 й Інструкцією з установки станції М-49.

Контрольні питання:

1. Призначення дистанційної станції М-49.
2. Які датчики входять у станцію?
3. Принцип роботи станції М-49.

3. АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

З метою забезпечення заходів попередження виникнення НС в країні проводиться постійний моніторинг і прогнозування НС [3].

Моніторинг НС – це система безперервних спостережень, лабораторного та іншого контролю для оцінки стану захисту населення і територій та небезпечних процесів, які можуть призвести до виникнення НС, і своєчасне виявлення.

Прогнозування НС – випереджаюче відображення ймовірності виникнення та розвитку НС на основі аналізу можливих причин їх виникнення, їх джерела в минулому і сьогодні.

Прогнозування НС можливе тільки на основі вирішення задач моніторингу.

Спостереження за навколишнім середовищем являє собою систему заходів, що забезпечують визначення параметрів, які характеризують стан навколишнього середовища, окремих її елементів, видів техногенного впливу, а також за природними, фізичними, хімічними, біологічними процесами, що відбуваються в навколишньому середовищі.

Контроль за станом навколишнього середовища полягає у порівнянні отриманих даних про стан навколишнього середовища до встановлених критеріїв і норм техногенного впливу або фоновими параметрами з метою оцінки їх відповідності.

Спостереження, лабораторний та інший контроль включає: збирання, відпрацювання та передавання інформації за станом навколишнього природного середовища, забруднення продуктів харчування, продовольчої сировини, фуражу, води радіоактивними і хімічними речовинами, джерелами інфекційних хвороб та іншими біологічними агентами тощо.

Об'єктами моніторингу можуть бути екологічні системи, техногенні об'єкти або природно-техногенні об'єкти, юридична або фізична особа, деякі певні функції.

Залежно від масштабу НС розрізняють п'ять рівнів (ступенів) моніторингу: глобальний, національний, регіональний, місцевий, локальний. Кожен нижчий наступний рівень моніторингу входить складовою частиною в вище перерахований рівень.

Система моніторингу і прогнозування НС включає:

– всеукраїнський центр моніторингу та прогнозування НС, який створюється і функціонує в системі спеціального центрального органу виконавчої влади з питань ЦЗ;

– регіональні центри моніторингу і прогнозування НС, які створюються і функціонують у складі територіальних органів управління спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади з питань ЦЗ;

– межі моніторингу, спостереження, лабораторного контролю та прогнозування НС, які створюються і функціонують на державному, регіональному, місцевому та об'єктовому рівнях;

– державну систему моніторингу навколишнього середовища.

Система моніторингу будується за принципом Піраміди і повинна включати всі рівні спостереження за станом потенційно небезпечного об'єкта: державний; регіональний; обласний; районний; міський; об'єктовий.

Основні завдання та технічні основи моніторингу регіональних центрів в Україні

Основними завданнями регіональних і територіальних центрів моніторингу є:

– збирання, аналіз і подання до відповідних органів державної влади інформації та потенційних джерел надзвичайних ситуацій про причини їх виникнення в регіоні, на території;

– прогнозування надзвичайних ситуацій та їх масштабів; організаційно-методичне керівництво, координація діяльності та контроль функціонування відповідних ланок (елементів), регіонального та територіального рівня системи моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій;

– організація і проведення контрольних лабораторних аналізів хіміко-радіобіологічного і мікробіологічного стану об'єктів навколишнього середовища, продуктів харчування, харчової, фуражної сировини і води, що представляють потенційну небезпеку виникнення надзвичайних ситуацій;

– створення і розвиток банку даних про надзвичайні ситуації, геоінформаційної системи;

– організація інформаційного обміну, координація діяльності та контроль функціонування територіальних центрів моніторингу;

– мережа спостереження і лабораторного контролю цивільним захистом України;

– єдина державна автоматизована система радіаційного контролю;

– єдина державна система екологічного моніторингу;

– спеціальні центри та установи, підвідомчі виконавчим органам суб'єктів України й органами місцевого самоврядування.

Всі відносини і взаємозв'язки наведених вище систем (підсистем) в рамках цивільного захисту НС визначені відповідними нормативно-правовими актами.

Технічну основу моніторингу складають наземні та авіаційно-космічні засоби відповідних міністерств, відомств, територіальних органів влади та організацій (підприємств) відповідно до сфер їх відповідальності.

Космічні засоби моніторингу призначаються, в основному, для виявлення та уточнення обстановки, пов'язаної з лісовими пожежами, повеннями та іншими великомасштабними, небезпечними природними явищами і процесами.

Завдання прогнозування виконують спеціальні міжнародні та національні державні структури за участю населення.

Прогнозування може носити характер:

– довгостроковий;

– короткостроковий;

– оперативний.

Прогнозування надзвичайних ситуацій включає у себе досить широке коло завдань (об'єктів або предметів), склад яких обумовлений метою і завданнями управлінського характеру.

Найбільш значущими і гостро необхідними завданнями (об'єктами або предметами) прогнозування є:

- ймовірності виникнення кожного з джерел надзвичайних ситуацій (небезпечних природних явищ, техногенних аварій, екологічних лих, епідемій, епізоотії тощо) і, відповідно, масштабів надзвичайних ситуацій, розмірів їх зон;
- можливі тривалі наслідки при виникненні надзвичайних ситуацій певних типів, масштабів, часових інтервалів або їх певних сукупностей;
- необхідність сил і засобів для ліквідації прогнозованих надзвичайних ситуацій.

Для вирішення завдань прогнозування використовуються відповідні методики.

У цілому результати моніторингу і прогнозування є вихідною основою для розробки довгострокових, середньострокових і короткострокових цільових програм, планів, а також для прийняття відповідних рішень щодо попередження та ліквідації надзвичайних ситуацій.

В останні роки активно впроваджуються методи планування заходів з даної проблеми на основі прогнозування та аналізу ризикових надзвичайних ситуацій.

Основними завданнями аналізу і прогнозування ризиків надзвичайних ситуацій є:

- виявлення та ідентифікація можливих джерел надзвичайних ситуацій природного і техногенного характеру на відповідній території;
- оцінка ймовірності (частоти) виникнення стихійних лих, аварій, природних і техногенних катастроф (джерел надзвичайних ситуацій);
- прогнозування можливих наслідків впливу вражаючих факторів, джерел надзвичайних ситуацій на населення і території.

На першому етапі аналізу піддаються джерела надзвичайних ситуацій, в результаті виникнення і розвитку яких:

- істотно порушуються нормальні умови життя і діяльності людей на відповідній території;
- можливі людські жертви або втрата здоров'я значної кількості людей;
- можливі значні матеріальні втрати;
- можливий збиток навколишньому середовищу.

При виявленні джерел надзвичайних ситуацій найбільша увага приділяється потенційно небезпечним об'єктам, оцінці їх технічного стану і загрози для населення, що проживає поблизу від них, а також об'єкти, розташовані в зонах можливих несприятливих і небезпечних природних явищ та процесів.

На наступному етапі проводиться оцінка ймовірності виникнення стихійних лих, аварій, природних і техногенних катастроф та величини можливого збитку від них, які і характеризують ризик відповідних

надзвичайних ситуацій. Прогноз ймовірності виникнення аварій на об'єктах економіки та їх можливих наслідків здійснюються керівниками цих об'єктів.

Прогноз ризиків надзвичайних ситуацій, викликаних стихійними лихами, аваріями, природними і техногенними катастрофами, можливими на територіях суб'єктів України, здійснюється відповідними територіальними ланками (центрами) СМП НС.

Прогноз ризиків надзвичайних ситуацій на території країни в цілому здійснюється МНС України у взаємодії з іншими органами виконавчої влади.

Без урахування моніторингу і прогнозування надзвичайних ситуацій не можна планувати розвиток територій, приймати рішення на будівництво промислових і соціальних об'єктів, розробляти програми і плани щодо попередження та ліквідації можливих надзвичайних ситуацій.

3.1. Автоматизовані системи моніторингу та прогнозування НС

Сьогодні створено цілодобовий моніторинг об'єктів навколишнього середовища і потенційно небезпечних об'єктів. Роботи з моніторингу і прогнозування виникнення і розвитку НС ведуться на підставі укладених угод про обмін моніторинговою інформацією з організаціями, розташованими на території міста.

Системи і принцип їх роботи

Автоматизована система дистанційного моніторингу "Лідар" (АСДМ "Лідар") призначена для контролю за станом повітряного басейну територій, виявлення фактів виникнення: пожеж, вибухів, великих аварій, викидів, що супроводжуються аерозольними і тепловими аномаліями, викидів небезпечних речовин в атмосферу і т.п., визначення їх параметрів: координат з прив'язкою до цифрової карти місцевості, відносної концентрації викидів аерозолі, напрямки перенесення аерозолі (рис. 3.1).

Система забезпечує:

- цілодобовий контроль і спостереження в реальному масштабі часу за кризовими ситуаціями (КС) в зоні контролю;
- за допомогою лідарно-далекомірного каналу визначення точних координат об'єктів з подальшою прив'язкою до цифрової карти міста;
- шляхом лідарного зондування визначення геометричних параметрів шліфів аерозольних викидів та їх вітрового перенесення над територією міста.

Система включає у себе стаціонарні пости СП-1 і СП-2 та центральний пункт керування (ЦПК) (рис. 3.2).



Рисунок 3.1 – Лідар колового огляду

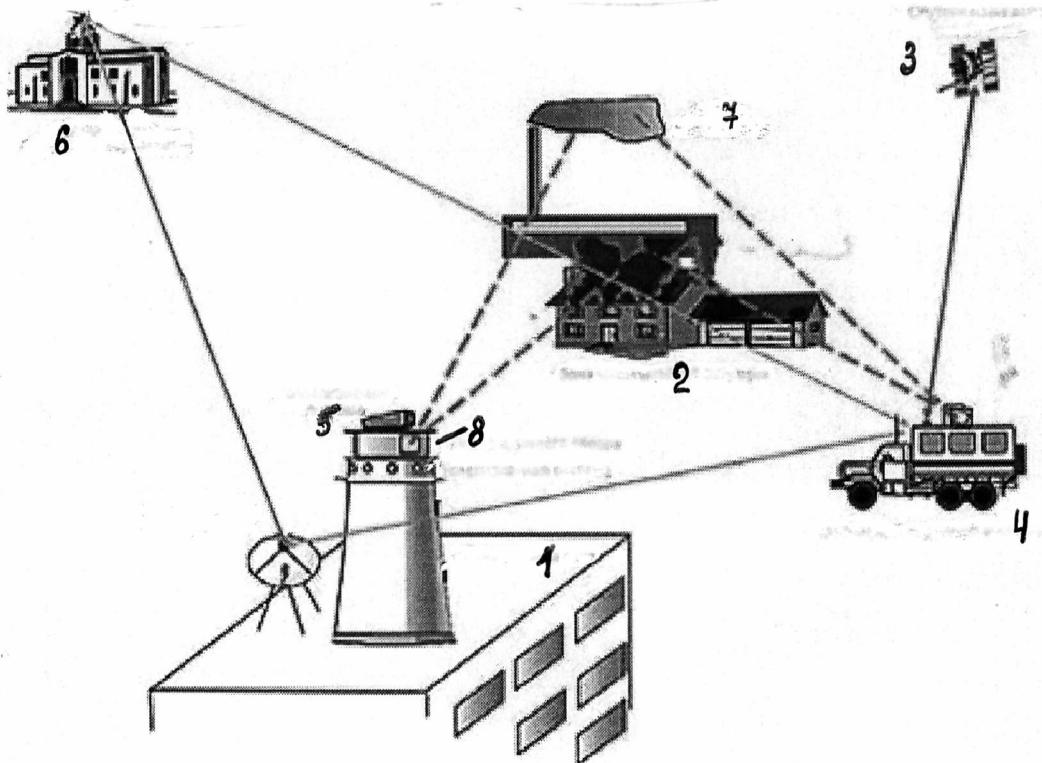


Рисунок 3.2 – Автоматизована система дистанційного моніторингу «Лідар»: 1 – станційний пост; 2 – зона надзвичайної ситуації; 3 – супутник; 4 – мобільний лідарний комплекс; 5 – телевізійна система; 6 – центр збирання і оброблення інформації; 7 – викиди в атмосферу; 8 – лідар колового огляду

Автоматизований комплекс збирання, оброблення та передавання радіолокаційної інформації (АКЗОПРІ)

Даний комплекс призначений для автоматизації радіолокаційних спостережень і забезпечення повноцінною оперативною радіолокаційною метеорологічною інформацією. АКЗОПРІ забезпечує проведення автоматизованих радіолокаційних метеорологічних спостережень за допомогою даних, отриманих від метеорологічного радіолокатора МРЛ-5, встановленого на даху висотного житлового будинку [4], рис. 3.3.



Рисунок 3.3 – Автоматизоване робоче місце комплексу «АКЗОПРІ»

АКЗОПРІ здійснює автоматичне спостереження і відображає на АРМ помічника СОД з моніторингу і прогнозування НС оперативні дані про метеорологічну обстановку у вигляді сукупності карт, які легко читаються, з періодом оновлення 10 хвилин (рис. 3.4):

- інтенсивності опадів;
- суми опадів від початку метеорологічної півдоби до поточного моменту часу;
- висоти верхньої межі хмарності;
- явищ погоди (за градаціями): хмарність, без опадів, опади різного ступеня інтенсивності (злива, сильна злива), потужні купчасто-дощові хмари, грози різної тяжкості, з імовірністю грозових розрядів, град, шквал;
- горизонтальних перетинів хмарності на різних висотах (стандартний набір становить 800, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000, 6000, 7000 і 9000 м над рівнем моря).

АКЗОПРІ дозволяє отримувати надійну інформацію про хмарність, опади і пов'язані з ними небезпечні явища в радіусі 200 км.

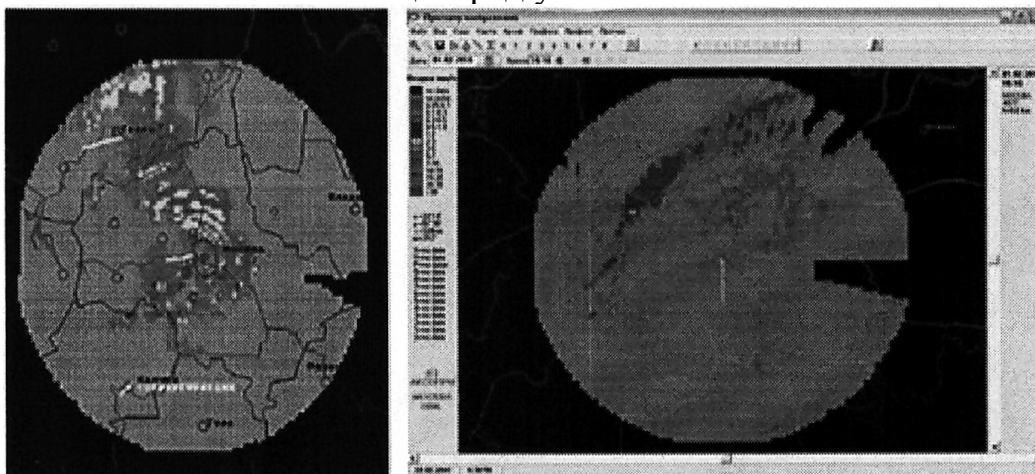


Рисунок 3.4 – Оперативні дані про метеобстановку на екрані АРМ АКЗОПРІ

Впровадження даного комплексу дозволило з високим ступенем імовірності прогнозувати розвиток надзвичайних ситуацій природного характеру, а також скоротити час вироблення в оперативному порядку превентивних заходів для максимального зниження шкоди в разі їх виникнення.

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ АВАРІЙНИХ ВИКИДІВ (АСКАВ)

Дана система призначена для:

- безперервного вимірювання концентрацій аварійно-небезпечних хімічних речовин (таких як хлор, аміак) в робочій зоні і на промисловому майданчику об'єкта;
- сигналізації про можливі об'єкти й аварійні викиди за встановленими порогами концентрацій в місцях розташування датчиків-аналізаторів;
- оповіщення служб підприємства, МНС України;
- оцінки і прогнозування хімічної обстановки при аварії, прийняття рішень щодо забезпечення локалізації та ліквідації аварії.

АСКАВ є трирівневою інформаційною системою:

- перший інформаційний рівень – хімічно небезпечні об'єкти;
- другий інформаційний рівень – об'єкти управління МНС;
- третій інформаційний рівень – МНС України.

АСКАВ включає у себе:

- систему газоаналітичного контролю, призначену для вимірювання концентрацій газу в контурах контролю і за периметром зон локалізації АХОВа на хімічно небезпечному об'єкті і забезпечує процес формування сигналів перевищення встановлених порогів концентрацій АХОВ;
- програмно-обчислювальний комплекс (ПОК) чергового по підприємству, призначений для контролю поточної та аварійної обстановки та прогнозування НС;
- контролер зв'язку, що забезпечує по комутованих, виділених каналах та інших каналах зв'язку передачу даних із забезпечення заходів цивільного захисту населення, рис. 3.5.

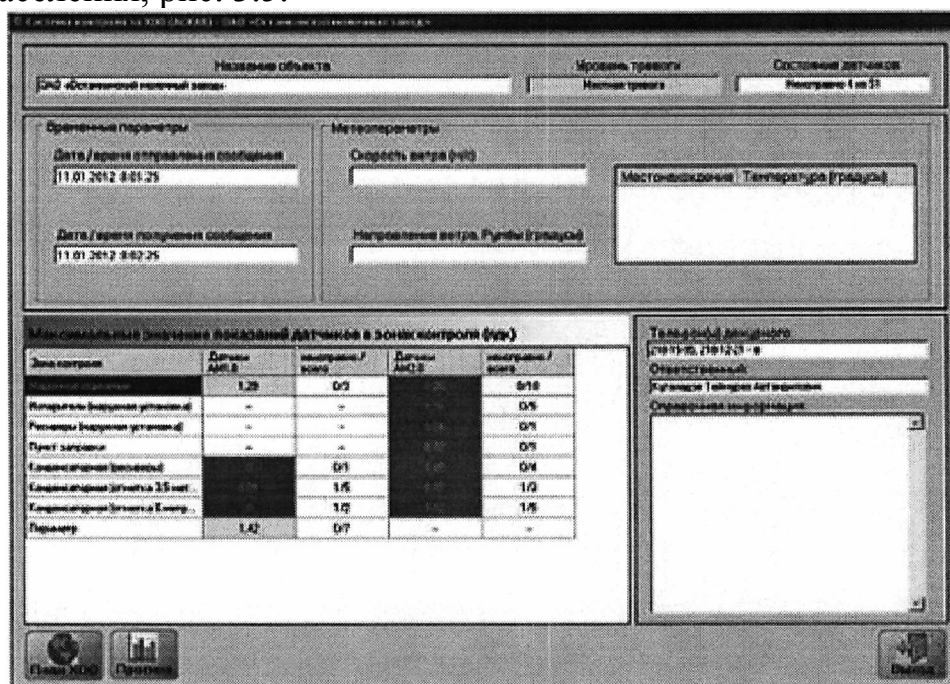


Рисунок 3.5 – Автоматизована система контролю аварійних викидів

Інформація про концентрацію АХОВ з датчиків хімічно небезпечних об'єктів з різних виділених каналів зв'язку надходить до 2-го і 3-го інформаційного рівнів.

Автоматизована система контролю радіаційної обстановки (АСКРО)

Безпека АЕС забезпечується за рахунок послідовної реалізації концепції глибоко ешелонного захисту, заснованого на застосуванні системи фізичних перешкод на шляху поширення іонізуючого випромінювання і радіоактивних речовин у навколишнє середовище і системи технічних і організаційних заходів щодо захисту перешкод і збереження їх ефективності з метою захисту персоналу, населення та довкілля [5].

Автоматизована система контролю радіаційної обстановки реалізує систему технічних і організаційних заходів щодо захисту перешкод і збереження їх ефективності з метою захисту персоналу, населення та навколишнього середовища.

АСКРО призначена для виконання інформаційно-обчислювальних, управляючих і допоміжних функцій з контролю стану радіаційної безпеки АЕС і району її розташування в нормальному режимі і в аварійних ситуаціях.

АСКРО включає у себе низку автономних, функціонально пов'язаних між собою систем.

Проектні об'єктові централізовані інформаційно-вимірювальні системи радіаційного контролю на базі апаратури АКРБ-03, які є автономними незалежними інформаційними системами рівня енергоблока, забезпечують при відмові АСКРО радіаційний контроль об'єкта в проектному обсязі.

Централізована інформаційно-вимірювальна система радіаційного контролю забезпечує контроль радіоактивності технологічних контурів і герметичність їх обладнання, радіаційної обстановки у виробничих приміщеннях, дотримання норм опромінення персоналу, забруднення його одягу і тіла.

Централізована інформаційно-вимірювальна система радіаційного контролю також забезпечує передачу радіаційних параметрів в УВС «Комплекс Титан-2» відповідного блока (ПТК ВУ УВС).

Комплекси централізованої інформаційно-вимірювальної системи радіаційного контролю відповідно до санітарних правил проектування та експлуатації атомних станцій вирішують завдання вимірювання:

- індивідуальної дози зовнішнього опромінення персоналу АЕС;
- об'ємної активності рідин, газів і аерозолів;
- густини потоку теплових нейтронів і гамма-випромінювання;
- потужності експлуатаційної дози гамма-випромінювання і густини бета-частинок;
- рівня забруднень радіоактивними речовинами поверхонь шкірних покривів, виробничого й особистого одягу;
- концентрації і нуклідного складу радіоактивних газів і аерозолів у повітрі виробничих приміщень АЕС.

Обладнанням дозиметричного і радіаційно-технологічного контролю, що застосовується на АЕС, є прилади та пристрої, як у вигляді і окремих виробів, більш складних пристроїв, так і систем (ІВС РК ССВЯП, АСРК) автономних і з'єднаних технологічними комунікаціями. За допомогою автоматизованих систем, що переносяться, і стаціонарних засобів радіаційного контролю, лабораторних методів радіаційного контролю виконується контроль радіаційних параметрів на об'єктах ВП АЕС, проммайданчику, санітарно-захисній зоні та зоні спостереження в усіх режимах експлуатації енергоблоків АЕС.

Апаратура АКРБ-03. АКРБ-03 – це агрегований комплекс технічних засобів, що дозволяє виконати контроль радіаційної обстановки в різних технологічних системах і приміщеннях АЕС. АКРБ-03 (апаратура контролю радіаційної безпеки) забезпечує визначення параметрів, що характеризують радіаційну безпеку АЕС. АКРБ-03 також забезпечує отримання документальної інформації про радіаційну обстановку на АЕС, у санітарно-захисній та зоні спостереження і даних індивідуального контролю опромінення персоналу.

ЦІСРК є проектною системою, на базі комплексу технічних засобів АКРБ-03 «Сейвал», за допомогою якої здійснюється дистанційний контроль радіаційних параметрів на енергоблоках і на спецкорпусах.

Кожен комплект АКРБ-03 забезпечує безперервний контроль радіаційних параметрів по 200 вимірювальних каналах. Контроль здійснюється з місцевих щитів енергоблоків і двох спецкорпусів.

Розглянемо принцип роботи централізованої інформаційно-вимірювальної системи радіаційного контролю ЦІСРК АКРБ-03 «Сейвал». Структурна схема комплекту ЦІСРК і показана на рис. 3.6.

Від блоків і пристроїв детектування інформація через пристрої виведення УВА-09 надходить на пристрій ПНО-100 і ПІ-28. УВА-09 одночасно забезпечують електроживлення блоків детектування.

В ПНО-100 й ПІ-28 інформація перетворюється відповідно в аналогову і цифрову форму і передається в пристрій відображення місцевого і центрального щитів радіаційного контролю. Далі через комутатори, розташовані на центральному щиті радіаційного контролю, інформація передається в обчислювальні комплекси СМ-2М, в яких здійснюється її подальше оброблення в зручний для оператора вигляд. Ця інформація у вигляді фрагментів мнемосхеми відображається на дисплеях РМОТ-03.

На дисплеї РМОТ, установлених на БЦК, інформація ЦІСРК надходить через обчислювальні комплекси СМ-2М УВС «Комплекс Титан-2» відповідного енергоблока.

На кожному енергоблоці на дисплеї виводиться тільки та інформація про радіаційну обстановку, яка відноситься до даного енергоблока (тобто отримана з ЦІСРК даного енергоблока).

Інформація з блоків детектування автономних систем радіаційного контролю з надійним електроживленням через пристрої виведення УВА-02Р надходить на сигнально-вимірювальні пульти УІ-29 і після оброблення – виводиться на стрічкове табло.

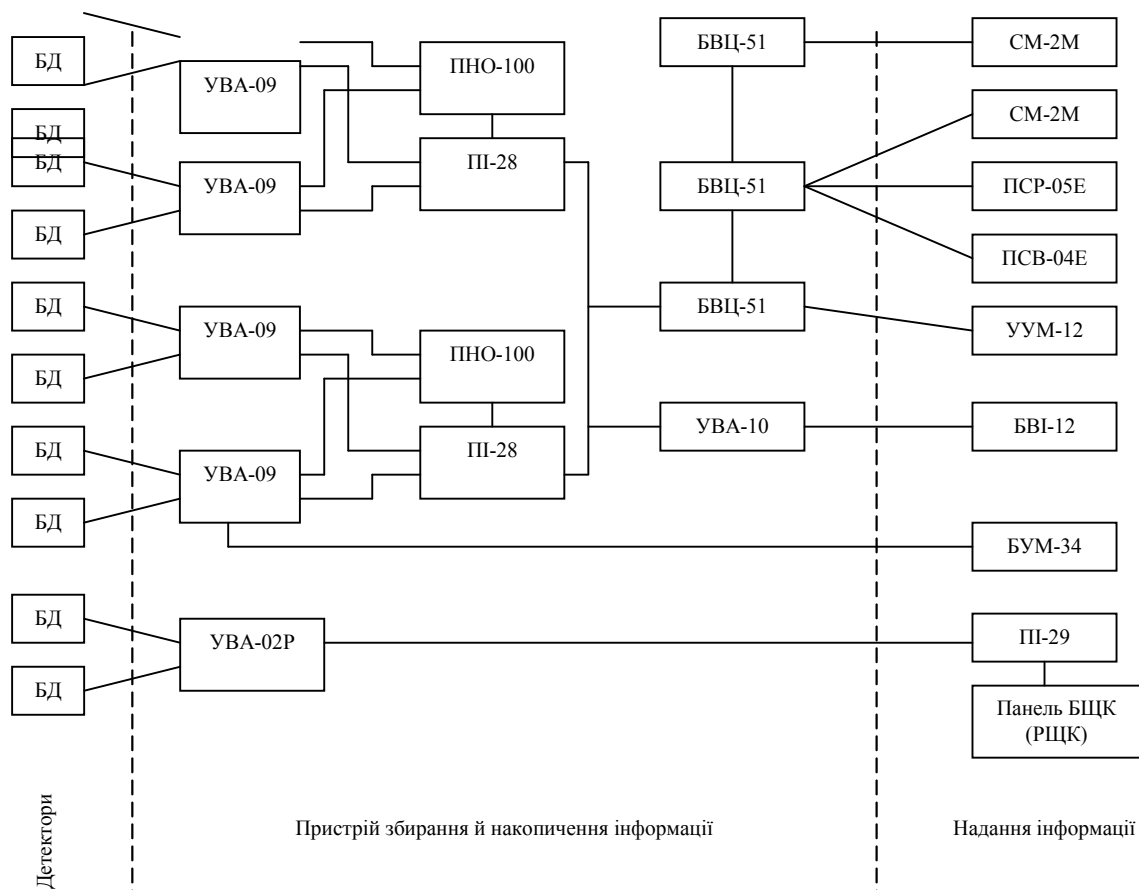


Рисунок 3.6 – Структурна схема АКРБ-03: БД – блок детектування; УВА-09 – 10 каналні блоки живлення та керування; ПНО-100 – 100 каналний пристрій накопичення й оброблення інформації, ПІ-28 – пристрій обміну й контролю інформації, БВЦ-51 – магістральний підсилювач, СМ-2М – обчислювальний комплекс; УВА-10 – 10 каналний блок сигналізації, УВК-13 – дисплей, ПСП-05Е – 5 каналний пристрій світлозвукової сигналізації, БВІ-12 – блок світлозвукової сигналізації, УУМ-12 – місцевий пульт оператора РК, ПІ-29 – сигнально-вимірювальний пульт; БЩК – блоковий щит керування; РЩК – резервний щит керування

З вихідного розніму ПІ-29 сигнал перевищення порога надходить на панель відповідної системи безпеки на БЩК енергоблока і включає необхідне табло сигналізації.

По кожній автономній системі радіаційного контролю на табло сигналізації БЩК виводяться також сигнали про відсутність напруги живлення на відповідній системі.

Апаратура АСРК. АСРК (автоматизована система радіаційного контролю) енергоблока призначена для:

1) безперервного контролю, відображення і документування інформації про параметри, що характеризують:

- цілісність захисних перешкод;
- радіаційний стан технологічних систем;
- радіаційну обстановку в виробничих приміщеннях енергоблока;

- величину виходу радіонуклідів з енергоблока в довкілля;
- технічний стан і режими роботи технічних засобів обладнання системи радіаційного контролю;

2) забезпечення персоналу достовірною інформацією про радіаційний стан енергоблока;

3) ведення архіву інформації про радіаційні параметри енергоблока;

4) забезпечення зв'язку із суміжними системами.

Структурна схема АСРК представлена на рис. 3.7.

АСРК працює в усіх режимах експлуатації АЕС, включаючи планово-попереджувальні ремонти і режими проектних аварій, а також у режимі зняття енергоблока з експлуатації.

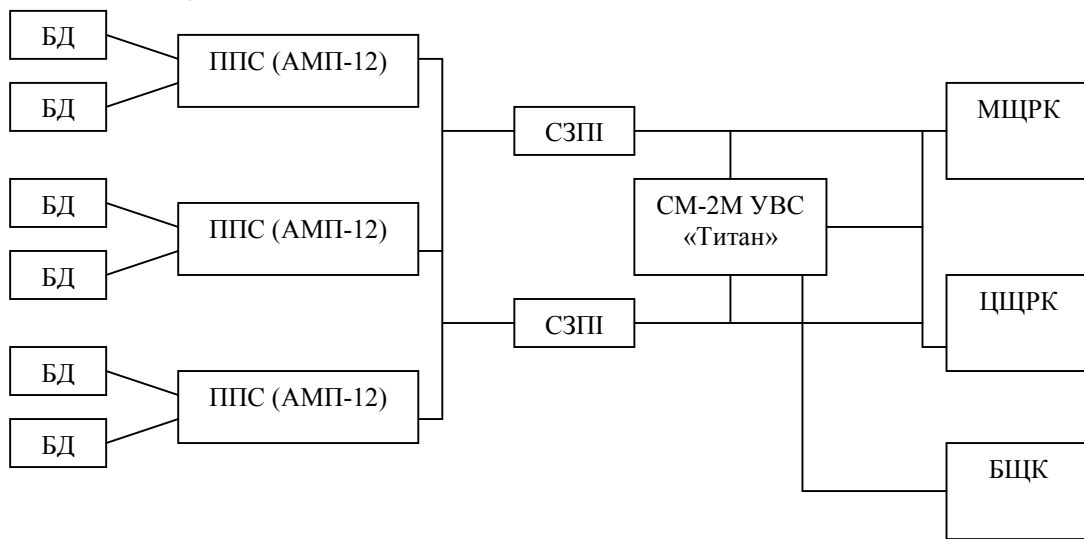


Рисунок 3.7 – Структурна схема АСРК

АСРК побудована як автоматизована дворівнева вимірювальна інформаційна система з централізованим автоматизованим управлінням її функціонуванням і розподіленою організацією вимірювання, збирання і оброблення інформації.

АСРК відрізняється від АКРБ пристроями накопичення, оброблення й передавання інформації, пристроями відображення інформації, а також новими блоками детектування з розширеним діапазоном вимірювання. Крім того, АСРК виконує радіаційний контроль викидів через вентиляційні труби енергоблоків і спецкорпусів, а також каналів систем безпеки, що виконувався в АКРБ автономними системами. Для радіаційного контролю теплоносія першого контуру доданий спектрометричний комплекс СтПк-01.

Нижній рівень АСРК складається з наступних елементів:

- блоків і пристроїв детектування (БД/ПД);
- датчиків технологічних параметрів;
- приводів запірно-регулюючої арматури і блоків живлення;
- виконавчих механізмів керування газодувками;
- пристроїв сигналізації;
- периферійних процесорних станцій (ППС);
- локальної мережі нижнього рівня (ЛМНР).

Блоки детектування каналів безперервного контролю радіаційних параметрів, за видом вимірювань, діляться на наступні типи:

- блоки детектування для вимірювання γ -випромінювання;
- блоки детектування для вимірювання об'ємної активності інертних радіоактивних газів (ІРГ);
- блоки детектування для вимірювання об'ємної активності аерозолів;
- блоки детектування для вимірювання об'ємної активності рідких середовищ;
- блоки детектування для вимірювання потужності еквівалентної дози нейтронного випромінювання і щільності потоку теплових нейтронів.

Верхній рівень АСРК енергоблока складається з комплексу технічних засобів, що включає:

- субкомплекс робочої станції, розташований на місцевому щиті радіаційного контролю енергоблока;
- два сервера збирання і передавання інформації (СЗП), встановлені в приміщеннях АЕ408 / 1, 2;
- субкомплекс робочої станції, розташований на ЦЦРК;
- операторські робочі станції і сервери, встановлені в приміщенні ЦЦРК.

Субкомплекс робочої станції призначений для приймання, оброблення, документування, зберігання та подання поточної й архівної інформації про хід технологічного процесу.

Сервер збирання і передавання інформації призначений для організації двоканальної магістралі зв'язку, збирання, контролю, передавання та відображення інформації, виконання розрахункових та діагностичних завдань, формування і накопичення параметрів в оперативній базі даних, а також для подальшого виведення оброблених даних у магістраль даних.

Аналізатор багатоканальний АМП-12 призначений для виконання наступних функцій:

- одночасного приймання по декількох каналах імпульсних сигналів, що надходять від БД/ПД у вигляді послідовності статистично розподілених імпульсів і вимірювання швидкості підрахунку імпульсів;
- одночасного приймання по декількох каналах аналогових сигналів постійного струму і напруги від датчиків з уніфікованими вихідними сигналами і перерахунку їх у фізичні величини по кожному каналу вимірювання;
- порівняння поточних вимірених значень з граничними рівнями і вироблення електричних сигналів при їх перевищенні.

Дозиметр-радіометр МКС-2001 являє собою стаціонарний дозиметр-радіометр з цифровою індикацією показань і мікропроцесорним керуванням.

Дозиметр-радіометр з блоком детектування БДМГ призначений для вимірювання потужності еквівалентної дози γ -випромінювання.

Пристрій детектування ПДАБ-03П призначений для вимірювання об'ємної активності радіоактивних аерозолів, що містять стронцій-90 та ітрій-90 при експлуатації у складі систем радіаційного контролю.

Пристрій детектування ПДАГ-02П призначений для вимірювання об'ємної активності парів радіоактивного йоду-131 при експлуатації у складі систем радіаційного контролю.

Метод вимірювання і принцип засновані на відборі проб через систему фільтрів стрічки і реєстрації активності проб.

В ПДАБ-03П, ПДАГ-02П реєстрація активності відбувається як в процесі відбирання проби (суміщений режим), так і після закінчення відбирання проби і виведення її із зони відбирання (розміщений режим).

АСРК функціонує цілодобово в наступних режимах:

- режим основної роботи – безперервний контроль радіаційних параметрів в усіх режимах роботи енергоблока;
- допоміжні режими – регламентна перевірка БД/ПД, повірка/калібрування вимірювальних каналів.

Переходи між режимами здійснюються дистанційно за командою оператора.

Радіаційні параметри вимірюються за допомогою трактів вимірювання, які складаються з ПД/БД, аналізатора багатоканального паралельного рахунку АМП-12, пристроїв реєстрації і відображення, пристроїв сигналізації. Збирання та оброблення вимірюваних аналогових сигналів від датчиків, підключених до АМП-12, полягає в отриманні сигналів від датчиків, їх перетворенні і запису в розподілену базу даних системи.

Збирання і первинне оброблення дискретних сигналів полягає в отриманні та обробленні сигналів від датчиків стану дискретних об'єктів, записи їх в розподілену базу даних системи і формуванні подій щодо їх зміни. Аналізатор АМП-12 приймає дані датчиків дискретних потенційних сигналів і типу «сухий контакт».

Аналізатор АМП-12 видає сигнали, параметри яких забезпечують перемикання вентилів пробовідбору типу, керування регулюючою арматурою й керування пристроями оптико-акустичних сигналів, табло на панелях БЦК і РЦК.

Для оброблення дискретних сигналів передбачені різні періоди і методи оброблення, що забезпечують необхідну роздільну здатність фіксації подій. Період збирання швидкоплинних дискретних сигналів – не більше 100 мс.

Збирання та оброблення вимірюваних імпульсних сигналів від датчиків, підключених до аналізатора АМП-12, полягає в отриманні сигналів від датчиків, їх перетворенні і запису в розподілену базу даних системи і формуванні подій щодо їх зміни. Система приймає імпульсні сигнали від усіх типів датчиків іонізуючих випромінювань з комплектів АКРБ-03 з уніфікованим вихідним сигналом.

У складі прикладного програмного забезпечення системи АСРК реалізована низка завдань, що забезпечують контроль цілісності захисних перешкод на шляху поширення радіоактивних речовин у навколишнє середовище.

Комплекс завдань радіаційного контролю теплоносія 1-го контуру призначений для оцінки герметичності оболонок ТВЕЛів при роботі реактора на потужності і в період розхолодження.

Комплекс завдань радіаційного контролю герметичності основного обладнання першого контуру в гермооболонці призначений для виявлення в гермооболонці (ГО) основних джерел надходження активності, ступеня негерметичності обладнання в цілому, формування узагальнених показників стану технологічних систем і радіаційної обстановки в ГО і своєчасного оповіщення оперативного персоналу про зміну радіаційної обстановки і появу течі.

Комплекс завдань радіаційного контролю технічної води відповідальних споживачів групи «А» призначений тільки для радіаційного контролю технічної води відповідальних споживачів групи «А».

Комплекс завдань контролю активності спец газоочищення (СГО) призначений для радіаційного контролю очищення газів в установках СГО.

Крім завдань радіаційного технологічного контролю система забезпечує вирішення низки завдань радіаційного дозиметричного контролю.

Комплекси завдань контролю й обліку радіаційної обстановки в приміщеннях АЕС призначені для підтримання радіаційної обстановки в приміщеннях АЕС в межах вимог чинних нормативних документів з радіаційної безпеки, своєчасного виявлення аварійних ситуацій і формування повідомлень оперативному персоналу про погіршення радіаційної обстановки і забезпечують виконання таких функцій:

1) контроль об'ємної активності ІРГ в не обслуговуваних приміщеннях і ПЕД в обслуговуваних і напівобслуговуваних приміщеннях;

2) періодичний контроль об'ємної активності аерозолів і йоду в приміщеннях;

3) періодичний контроль забрудненості поверхонь приміщення й обладнання;

4) ідентифікацію приміщення (системи) – джерела радіоактивних газо-аерозольних викидів.

5) розрахунок поточних значень параметрів радіаційного контролю;

6) порівняння розрахованих і вимірених значень параметрів радіаційного контролю з заданими граничними уставками;

7) виконання запитів оператора в дистанційному режимі керування;

8) контроль керування роботою обладнання пробовідбірних систем;

9) видачу команд на опитування точок контролю інертних радіоактивних газів за допомогою запірних вентилів;

10) контроль підтримки витрати газу в пробовідбірних системах на заданому рівні.

Інформація про радіаційну обстановку в приміщеннях енергоблоку надається в зручній для сприйняття формі на відеотермінали операторських робочих станцій.

Пости управління

Пост управління – це спеціально виділене приміщення, призначене для постійного або періодичного перебування операторів, з розташованими в ньому панелями, пультами та іншим обладнанням, на якому встановлюються технічні засоби АСКТП і за допомогою якого відбувається керування технологічним процесом.

Блоковий щит керування (БЩК) призначений для постійного оперативного контролю та керування енергоблоком в усіх режимах його роботи.

Резервний щит керування (РЩК) призначений для зупинки реактора і переведення його в підкритичний стан, а також для керування аварійного розхолодження активної зони реактора, зниження параметрів у захисній локалізуючій оболонці, контролю викидів у навколишнє середовище і активністю в гермооболонці в разі поразки БЩК.

РЩК так ізольований від БЩК, щоб з загальної причини не були вражені обидва щити або були вражені аналогічні канали контролю або керування на БЩК і РЩК одночасно. На РЩК постійного чергування персоналу не передбачається.

Місцеві щити керування призначені для місцевого керування механізмами й арматурою деяких систем вентиляції, пароежекторними машинами, блоковою знесолювальною установкою, підігрівачами мережної води і т.д. До місцевих щитів керування відносяться щити хімічного водоочищення і спеціального водоочищення.

Контроль за радіаційною обстановкою у виробничих приміщеннях кожного блока і спецкорпусів ведеться з центральних щитів радіаційного контролю (ЦЩРК), розташованих у спецкорпусах на переходах з чистої в брудну зону.

Крім того радіаційна обстановка у виробничих приміщеннях, в яких розташовано основне технологічне обладнання, контролюється з БЩК за допомогою РМОТ.

Контроль і керування обладнанням хімічного водоочищення (ХВО), блоковою насосною станцією (БНС) тощо здійснюється з відповідних щитів керування з постійним обслуговуючим персоналом.

Контрольні питання:

1. Основні завдання регіональних і територіальних центрів.
2. Призначення автоматизованої системи дистанційного моніторингу «Лідар».
3. Призначення автоматизованої системи контролю аварійних викидів.
4. Що собою являє агрегований комплекс технічних засобів АКРБ?
5. Яких видів бувають блоки детектування каналів безперервного контролю радіаційних параметрів?
6. В яких режимах працює АСРК?
7. Для чого потрібен резервний щит керування?

Список використаної літератури

1. Концепція створення і функціонування системи моніторингу небезпечних техногенних і природних процесів, прогнозування ймовірності виникнення надзвичайних ситуацій та оцінки їх розвитку.
2. Владимиров А.М. Охрана окружающей среды / Владимиров А.М., Ляхин Ю.И., Матвеев Л.Т., Орлов В.Г. – Л.: Гидрометеоздат, 1991. – 42 с.
3. Стернзат М.С. Метеорологические приборы и измерения / Стернзат М.С. – Л.: Гидрометеоздат, 1978. – 390 с.
4. Учебное пособие общего назначения по теме: «Структура комплекса технических средств АСУТП энергоблока АЭС. 00.Уц.Та.Пс.651. – 2009. – 47 с.

Навчально-методичне видання

Корбан Віктор Харитонович
Дегтярьова Лариса Миколаївна

Автоматизовані системи моніторингу надзвичайних ситуацій
та безпека життєдіяльності

Частина 2

Конспект лекцій

Редактор Л.А. Кодрул
Комп'ютерне верстання Ж.А. Гардиман